ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 NOVEMBRE 1926.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES LALLEMAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADEMIE.

ALGÈBRE. — *Un théorème sur les systèmes de formes linéaires à déterminant symétrique gauche.* Note de M. EMILE BOREL.

J'ai indiqué précédemment comment certains problèmes de probabilités conduisent à considérer des systèmes de formes linéaires à déterminant symétrique gauche [1]. Je voudrais indiquer avec précision sous quelle forme se pose un intéressant problème d'algèbre relatif à de tels systèmes et par quelles méthodes on peut espérer en trouver la solution

Soit n un entier que nous supposerons impair et a_{ik} les éléments d'un déterminant symétrique gauche d'ordre n,

$$a_{ik}+a_{ki}=0, \qquad a_{ii}=0$$

Nous considérons les formes linéaires

$$Y_i=a_{ik}y_k,$$

l'indice k du second membre étant un indice de sommation.

Dans la Note IV de l'ouvrage cité, j'ai démontré pour $n=5$ un résultat qui, s'il était exact pour toute valeur de n, équivaudrait au théorème suivant :

THÉORÈME A. — *Quel que soit le nombre impair n et quels que soient les a_{ik}, il est possible de trouver des valeurs des y_i, positives ou nulles, mais non toutes*

---

(1) Voir *Comptes rendus*, 173, 1921, p. 1304, et mon ouvrage *Éléments de la théorie des probabilités* (Hermann, 3e édition, 1924, notes III et IV).

nulles, telles que l'on ait, quel que soit i,

(1) $$y_i Y_i = 0.$$

En d'autres termes, *les relations* (1) *sont incompatibles avec les inégalités*

(2) $$y_i \geqq 0,$$
(3) $$y_1 + y_2 + \ldots + y_n > 0,$$

l'inégalité (3) *excluant expressément l'égalité.*

Si le théorème A n'est pas vrai, on peut énoncer le théorème B.

THÉORÈME B. — *Lorsque le nombre impair n est assez grand, il est possible de trouver certaines déterminations particulières des* a_{ik} *telles que, les* a_{ik} *étant ainsi choisis, les relations*

(1) $$y_i Y_i = 0,$$
(2) $$y_i \geqq 0$$

vérifiées pour toute valeur de l'indice i, entraînent, également pour toute valeur de i :

(4) $$y_i = 0.$$

Il serait d'ailleurs intéressant, si le théorème B est exact, de ne pas démontrer seulement l'existence de certaines déterminations des a_{ik}, mais de donner un exemple numérique précis dans lequel les relations (1) et (2) entraînent effectivement les relations (4).

J'avais espéré pouvoir démontrer le théorème B pour $n \geqq 7$; de nouvelles recherches tendent à me faire croire, au contraire, que pour $n = 7$, comme pour $n = 5$, c'est le théorème A qui est vrai.

Il serait de la plus haute importance de trancher cette alternative ; les calculs auxquels on se trouve entraîné sont malheureusement assez pénibles en raison de la grande multiplicité des cas à examiner. Les calculs seraient même inextricables si l'on n'utilisait pas la remarque suivante. Convenons de poser successivement :

$$(1234) = a_{12}a_{34} + a_{13}a_{42} + a_{14}a_{23},$$
$$(123456) = a_{12}(3456) + a_{13}(4562) + a_{14}(5623) + a_{15}(6234) + a_{16}(2345),$$
$$(12345678) = a_{12}(345678) + a_{13}(456782) + \ldots + a_{18}(234567),$$
. . . .

Une solution du système d'équations

$$Y_i = 0$$

est alors donnée par les formules

$$y_1 = (234 \ldots n),$$
$$y_2 = (345 \ldots n1),$$
$$y_3 = (45 \ldots n12),$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

et cette solution est unique, à un facteur près, si les valeurs que nous venons d'écrire pour les y ne sont pas nulles. Bien entendu l'entier n est toujours supposé impair.

THERMOCHIMIE. — *Chaleur d'oxydation du glucinium.* Note [1] de M. C. MATIGNON et Mlle G. MARCHAL.

Dans le but de fixer la physionomie du glucinium, et de rendre possible la prévision de son action chimique ainsi que celle de ses composés, en présence des réactifs les plus courants, nous avons dans un travail préliminaire [2] effectué des mesures thermiques en vue de déterminer la chaleur de formation des principaux composés du glucinium.

Toutefois nous n'avions pas mesuré nous-mêmes un chiffre de base reliant le métal à l'un de ses dérivés simples, par exemple, l'oxyde ou le chlorure. Nous avions donc choisi, parmi les mesures effectuées à partir du métal, celle qui, après discussion, méritait le plus de confiance et nous avions adopté provisoirement comme chaleur de formation de la glucine la valeur $+137^{\text{cal}},4$, déduite de la chaleur de formation du chlorure déterminée par Wartenberg et Mielenz [3].

Pour compléter notre étude d'ensemble, nous avons repris la détermination de la chaleur de formation de la glucine en opérant sur le métal obtenu à l'état pur et sous forme massive fondue par le procédé de Stock, Praetorius et Priess [4].

Ce glucinium forme un métal dur, qui raie le quartz, résiste assez au martelage, mais peut être cependant facilement divisé au mortier d'Abich; sa cassure est brillante et d'aspect cristallin.

Le métal ne contient que des traces de fer. Nous l'avons analysé en

(1) Séance du 8 novembre 1926.
(2) *Bull. Soc. chim.*, 39 1926, p. 167.
(3) *Zeit. an. Chemie*, 116, 1921, p. 267.
(4) *Berichte*, 58, 1925, p. 1571.

mesurant le volume d'hydrogène qu'il dégage avec les acides; cette méthode est fort sensible en raison du faible poids atomique du métal. $0^g,0178$ de glucinium ont fourni avec un léger excès d'acide chlorhydrique concentré $44^{cm^3},48$ toutes corrections faites, quantité théorique $44^{cm^3},3$.

L'hydrogène recueilli a toujours une odeur fétide et cependant de nombreuses analyses de cet hydrogène, effectuées par combustion, ont toujours caractérisé cet élément comme très pur; en particulier, on n'a jamais pu reconnaître la présence du gaz carbonique parmi les produits de la combustion. Les impuretés, causes de la mauvaise odeur, sont donc en quantité négligeable.

On a effectué au calorimètre la dissolution du métal d'abord dans une solution fluorhydrique à 30 pour 100, puis dans une solution chlorhydrique à 13,4 pour 100, dont les chaleurs spécifiques sont respectivement de 0,77 et 0,78.

Dissolution dans l'acide fluorhydrique. — Nous avons rencontré beaucoup de difficultés pour réaliser cette opération dans de bonnes conditions. Nous avons effectué dix dissolutions au calorimètre, et, dans la plupart des cas, nous avons reconnu des causes d'erreur : absorption des vapeurs fluorhydriques par l'eau contenue dans le tube en or qui protège le thermomètre, dégagement trop rapide ou trop lent de l'hydrogène, etc. On parvient cependant à régulariser à volonté la vitesse de réaction en enveloppant plus ou moins le grain de métal dans une toile métallique en cuivre à mailles très fines, ou mieux encore dans un ensemble de platine formé par une lame percée de trous et une toile. On a pu éviter également toute action secondaire des vapeurs fluorhydriques.

Deux expériences nous ont donné par atome de métal $94^{cal},1$ et $94^{cal},4$, moyenne $94^{cal},25$:

$$2\,HF_{diss.} + Gl = Gl\,F^2_{diss.} + H^2 + 94^{cal},25.$$

En tenant compte de la chaleur de dissolution de la glucine dans la même solution fluorhydrique, déterminée antérieurement,

$$GlO + 2\,HF_{diss.} = Gl\,F^2_{diss.} + H^2O + 23^{cal},3,$$

on en déduit pour la chaleur de formation de la glucine $139^{cal},95$ ou 140^{cal}.

Dissolution dans l'acide chlorhydrique. — Les solutions chlorhydriques normales ou demi-normales attaquent le glucinium très lentement, nous avons dû opérer avec une solution correspondant à $HCl\,13,1\,H^2O$.

Deux opérations effectuées avec $0^g,0757$ et $0^g,0760$ de métal nous ont donné toute satisfaction : vitesse de réaction convenable, métal réagissant

totalement au centre de la masse liquide dans son enveloppe métallique. Nous avons trouvé $87^{cal},90$ et $87^{cal},91$:

$$2\,HCl_{diss.} + Gl = GlCl^2_{diss.} + H^2 + 87^{cal},90.$$

Si l'on fait intervenir nos mesures précédentes :

$$2\,HCl_{diss.} + GlO_{préc.} = GlCl^2_{diss.} + H^2O + 13^{cal},65,$$

$$GlO_{calc.} = GlO_{préc.} + 2^{cal},9.$$

On en déduit pour la chaleur de formation de la glucine, $140^{cal},35$:

$$Gl + O = GlO_{calc.} + 140^{cal},35.$$

Les deux valeurs obtenues, $139^{cal},95$ et $140^{cal},35$, qui sont, l'une et l'autre, la résultante d'un grand nombre de mesures expérimentales, coïncident d'une façon remarquable. Nous adopterons la moyenne de ces deux valeurs :

$$140^{cal},15.$$

Cette nouvelle chaleur d'oxydation du glucinium entraîne les modifications suivantes dans les caractéristiques thermochimiques fondamentales de ce métal :

Chaleurs de formation.

	cal
$GlO_{calc.}$	140,15
$GlO_{préc.}$	143,05
GlF^2_{diss}	194,45
$GlCl^2_{sol.}$	115,35
$SO^4Gl_{sol.}$	279,65
$(NO^3)^2Gl_{diss.}$	185,45

PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — *Sur l'utilisation de l'énergie thermique des mers.* Note (¹) de MM. **Georges Claude** et **Paul Boucherot**.

On sait maintenant que, même sous l'équateur, l'eau des grandes profondeurs, grâce aux courants très denses venus des mers polaires, se maintient en tous temps, avec une grande constance, *à des températures très basses*, 4 à 5° C. à 1000^m d'après Bogulawski. On sait, d'autre part, que la température de surface de la mer, en même temps qu'elle s'élève à mesure qu'on va vers l'équateur, devient plus régulière : sous les tropiques la

(¹) Séance du 15 novembre 1926.

variation thermique d'un bout de l'année à l'autre n'atteint pas 3° et la température de surface y varie, suivant les régions, entre 26 et 30°.

Il résulte de là qu'en toutes les mers profondes des tropiques existent, presque au contact, les deux termes d'une différence de températures *merveilleusement constante* en toutes saisons et par tous temps, et appliquée respectivement à l'eau des profondeurs, indéfiniment refroidie par le rayonnement polaire, et à l'eau de surface, perpétuellement chauffée par le Soleil.

Si l'on n'a pas prêté jusqu'ici l'attention qu'il mérite à ce fait capital, c'est que sans doute deux raisons essentielles paraissaient s'opposer à son utilisation. La première, c'est l'inaccessibilité des eaux profondes. Mais cette inaccessibilité est plutôt apparente, puisqu'un simple tuyau ou canal de section suffisante, calorifugé au besoin et pénétrant jusqu'à ces eaux profondes, les remontera sans effort en vertu du principe des vases communicants; il suffira de les y pomper comme on pomperait dans la mer, à cela près (sauf variations éventuelles de la viscosité avec la pression) qu'à l'équilibre, les eaux profondes, plus denses, s'arrêteront dans le tuyau à 1^{m} environ sous la surface marine [1].

La seconde difficulté résulte de la petitesse de l'écart de températures en question. Or, nous avons été conduits, pour l'utilisation facile de cet écart, à un moyen sans doute fort inattendu.

Nous avons, en effet, cherché ce que pourrait donner l'emploi, comme fluide moteur, de la vapeur d'eau *directement fournie* par l'eau tiède de surface. Évidemment, c'était là pure curiosité, l'extrême petitesse des tensions de vapeur de l'eau à 20 ou 25° ne nous donnant aucun espoir. Or, à notre stupéfaction, nous avons constaté combien les conditions ainsi réalisées conviennent excellemment aux *turbines à vapeur* qui, équipées pour ces conditions mêmes, paraissent avoir été créées pour fonctionner *sous des pressions motrices inférieures même au vide des condenseurs usuels*.

C'est ainsi, par exemple, que la vapeur à $0^{atm},03$ fournie par de l'eau à 24°, aspirée par le vide de $\frac{1}{100}$ d'atmosphère que peut maintenir au condenseur de l'eau à 7°, prendra une vitesse d'écoulement de 500 m : s en communiquant à une turbine à une seule chute une vitesse optimum

---

(1) Il y a en général dans l'Océan, d'après J. Thoulet, un excès de salure des couches superficielles qui tend à atténuer cette différence; d'autre part, l'eau profonde ne tiendrait pas, en général, plus de gaz dissous que l'eau de surface, compte tenu, cependant, de sa température.

éminemment favorable de 250 m : s. Et chaque kilogramme de cette vapeur de $0^{atm},03$ dont la pression est donc 700 *fois plus petite* que celle de la vapeur à 20^{atm} ne produira pourtant qu'un travail *cinq fois moindre* que cette vapeur à 20^{atm} se détendant de 20 à $0^{atm},2$. Ces conclusions paraissent au premier abord si surprenantes que nous avons tenu à donner la preuve expérimentale de leur exactitude.

Un disque de turbine Laval de 15^{cm} de diamètre, établi pour fonctionner sous des pressions de 20^{atm}, donc dans des conditions très éloignées de celles auxquelles on va la soumettre, communique à l'amont avec un flacon contenant 20^{l} d'eau à 28°, à l'aval avec un espace rempli de morceaux de glace. On enlève l'air de cet ensemble à l'aide d'une pompe, qui est ensuite arrêtée. Dès que la pression tombe au-dessous de la tension de vapeur de l'eau, celle-ci se met à bouillir violemment, et la vapeur va se condenser dans la glace à travers la turbine. Celle-ci se met bientôt en route pour atteindre une vitesse de 5000 t : m, tandis que trois petites lampes électriques, prenant 2,5 watts, sont portées au blanc éblouissant par la dynamo qu'elle commande, pour ne s'éteindre que 8 ou 10 minutes après, lorsque l'eau sera refroidie au-dessous de 20° par son intense ébullition. Qu'un tel résultat soit possible est tout à fait remarquable si l'on songe au rendement forcément détestable d'un si petit appareil fonctionnant sous ces minuscules pressions et si loin de sa vitesse de régime.

Ceci est, à une échelle infiniment réduite, la reproduction même de ce que nous voudrions réaliser sur une grande échelle dans un avenir prochain. Voici l'une des variantes possibles. Au lieu du moyen habituel d'une chaudière chauffée *extérieurement* par la source chaude, c'est l'eau de surface elle-même qui, aspirée continuellement dans le *bouilleur*, y produira la vapeur. Elle y séjournera juste le temps de se refroidir un peu par son ébullition sous la pression réduite entretenue à travers les turbines par l'effet de l'eau froide au condenseur, puis, à peine refroidie, sera expulsée au dehors et remplacée par de l'eau neuve, tandis que les torrents de vapeur à $0^{atm},03$ ainsi continuellement produite se précipiteront vers l'eau de condensation à travers des turbines d'une construction adéquate à ce souffle presque immatériel.

Supposons que l'eau tiède se refroidisse de 5 degrés par son ébullition, ce qui n'affectera pas trop sa tension de vapeur. C'est donc 5000^{cal} extraites par mètre cube d'eau de surface, soit 8^{kg} de vapeur qui, utilisés entre $0^{atm},03$ et $0^{atm},1$, donneront théoriquement $100\,000^{kgm}$. Telle est l'énorme énergie, équivalente à celle que ce mètre cube d'eau produirait en

tombant de *cent mètres* qu'on peut tirer de la mer en quantités illimitées.

On voit combien cette solution dépasse celle des *marées*, où ce même mètre cube ne produirait au plus — et avec quelle déplorable irrégularité — que le travail moyen de *trois mètres* de chute!

Nous estimons à 75 pour 100 le rendement des turbines ou appareils équivalents. On extraira donc 75000^{kgm} par mètre cube d'eau chaude. Il n'en coûtera au plus que 30000^{kgm} pour pompage de l'eau chaude et froide, extraction des eaux usées, et, surtout, des *gaz dissous*, etc., soit un gain net de 45000^{kgm} par mètre cube, ou, pour 1000$^{m^3}$ *par seconde*, une puissance nette de 400000 *kilowatts*. Nos études nous permettent d'espérer qu'une telle installation, capable d'un fonctionnement continu d'un bout de l'année à l'autre, ne coûterait pas plus cher que dans le cas des chutes d'eau.

La caractéristique essentielle de notre époque, c'est le rôle toujours plus grand de l'énergie mécanique dans la civilisation. De jour en jour celle-ci a le sentiment plus net que ses besoins dépasseront ses ressources. Les chiffres précédents nous amènent à cette conclusion, dont l'auteur de *Vingt mille lieues sous les mers* se fut sûrement réjoui, que c'est sans doute par l'énergie des mers que l'humanité sera débarrassée de ce souci.

Bien entendu, nous espérons vivement que nos belles colonies profiteront des premières de ces nouvelles ressources. Mais l'efficacité de cet emploi des turbines est telle que des différences de températures plus faibles, moins éloignées de nos rivages, seront sans doute elles-mêmes utilisables, surtout si l'on se résigne à leurs variations saisonnières; et, les progrès de la technique du transport de l'énergie aidant, peut-être ne faut-il pas désespérer de voir la France elle-même bénéficier un jour de ces ressources — comme, aussi, de celles que permettra de créer la chaleur centrale.

Certes, ce n'est pas tout de suite que d'immenses stations, trouvant dans leurs dimensions mêmes la sécurité contre la tempête, flotteront sur la mer profonde, généralement assez distante des côtes, ni qu'elles pourront transmettre à la terre, puis envoyer au loin leurs torrents d'énergie, dans la mesure où ils ne seront pas utilisés sur place. L'étape préalable *d'usines côtières* devra être franchie : nous avons étudié à cet effet les moyens de réaliser une usine de démonstration évidemment relativement très coûteuse de 12000 à 15000 kw abritée dans un port voisin des eaux profondes et reliée à celles-ci par un tube s'enfonçant rapidement sous la surface liquide.

Or, cette installation n'apporterait pas seulement dans ce port l'énergie

électrique, mais en même temps l'eau froide, et dans des conditions bien capables d'avoir raison de l'ardente chaleur et de l'intense humidité, ces deux fléaux des régions tropicales que notre regretté confrère Maurice Leblanc avait déjà entrepris de combattre. On remarquera en effet que chaque mètre cube d'eau sous-marine, en se réchauffant seulement de 8 à 15°, température encore très basse pour ces régions, équivaut à cet égard à 75^{kg} *de glace*, et que de cette eau froide, la petite installation ci-dessus ferait sortir 100000^{m^3} *par heure* du fond de l'Océan !

Cette possibilité d'obtenir dans les régions équatoriales l'eau froide en quantités aussi immenses et à un prix *vingt fois* moindre que par les procédés frigorifiques, apparaîtra sans doute comme un des éléments les plus importants d'une pareille solution.

On estimera peut-être ces espérances trop belles, ces conceptions trop hardies pour se réaliser jamais. Certes, nous ne nous en dissimulons ni les difficultés ni les risques; mais, outre que nous les croyons beaucoup moins audacieuses que celles des hommes qui osèrent jeter entre les continents les premiers câbles sous-marins, on nous permettra de puiser dans notre carrière déjà longue une conviction contraire.

Quand un procédé se révèle capable de tirer de la mer — fût-ce à l'égal de 10 Niagaras — l'énergie qu'elle donnerait en tombant de 100^m, quand ce procédé apparaît susceptible d'un faible coût d'installation, d'une régularité incomparable, d'un prix de l'énergie plus bas, tout en donnant le froid en quantités capables de changer l'habitabilité de superbes régions, on peut être tranquille : on fera des objections, certes; à quoi n'en fait-on pas! on opposera les risques de la tempête, la surprise des courants, l'inconnu des abîmes : devant des possibilités pareilles — à moins d'une révolution comme celle qu'apporterait la transformation directe des radiations solaires ou la libération de l'énergie intra-atomique — rien n'empêchera l'homme de prendre une fois de plus possession de la mer pour cette nouvelle conquête — et d'en avoir raison.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la nitruration des aciers.* Note de M. Léon Guillet.

Dans une première Note, j'ai montré l'intérêt que présente la nitruration de certains aciers spéciaux par l'ammoniaque à 500°.

Je voudrais aujourd'hui attirer l'attention sur certaines propriétés de la couche dure ainsi obtenue.

Les expériences ont porté sur un acier chrome-aluminium, du type normalement utilisé pour la nitruration.

J'ai comparé la dureté superficielle du produit nitruré à celle d'un acier cémenté-trempé.

Ce dernier acier, du type ordinaire de cémentation ($C = 0,1$ pour 100), a été cémenté à une profondeur de $0^{mm},9$ par le mélange charbon de bois (60 pour 100) et carbonate de baryum (40 pour 100); il a été ensuite trempé à 825°.

L'acier chrome-aluminium a été nitruré à 510°, durant 90 heures, et n'a subi, bien entendu, aucune trempe. L'épaisseur totale de la couche nitrurée ainsi obtenue était de $0^{mm},8$. Les essais de dureté ont été faits par la méthode de Brinell, sous une charge de 500^{kg}, avec une bille de 5^{mm}. Différentes séries d'essais ont été pratiquées : les unes à une température déterminée, après différents temps de séjour à cette température; les autres après même séjour dans des conditions identiques, mais après retour à la température de + 20°. Aux basses températures, les essais ont été faits dans un mélange de glace et de chlorure de calcium (— 17°), dans un mélange de neige carbonique et d'acétone (— 80°) et dans l'air liquide.

Les produits nitrurés donnaient initialement des duretés variant entre 655 et 765; les aciers cémentés-trempés accusaient des duretés comprises entre 617 et 662.

Le tableau suivant donne les résultats obtenus dans les essais faits aux différentes températures pour des séjours de 30 minutes et de 2 heures; les duretés sont exprimées en nombres de Brinell.

	Essais faits aux températures indiquées sur :			
	Acier nitruré		Acier cémenté-trempé	
Températures.	après séjour de 30 minutes.	après séjour de 2 heures.	après séjour de 30 minutes.	après séjour de 2 heures.
—180°	702	675	655	662
— 80	662	748	623	617
— 17	–	732	636	630
100	675	662	630	617
200	675	720	555	533
300	630	550	377	389
400	483	517	353	342
500	441	427	232	223
600	316	279	118	187

Le second tableau donne les résultats obtenus dans les essais faits après séjour de 30 minutes ou de 2 heures aux températures indiquées, mais *les échantillons ayant été ensuite ramenés à la température de* 20°.

	Essais faits à la température de 20° sur :			
	Acier nitruré aux températures indiquées		Acier cémenté-trempé aux températures indiquées	
Températures.	après séjour de 30m.	après séjour de 24h.	après séjour de 30m.	après séjour de 24h.
—180°	705	812	604	601
—80	757	720	630	610
—17	725	732	623	604
100	710	740	604	642
200	702	662	591	522
300	732	648	503	479
400	757	668	401	383
500	585	610	301	285
600	662	675	235	214

Ces essais appellent quelques conclusions :

1° L'acier nitruré initialement plus dur que l'acier cémenté-trempé conserve une dureté nettement plus grande, lorsque la température s'élève.

C'est ainsi qu'à 600°, la dureté de l'acier nitruré est 279, et celle de l'acier cémenté-trempé, 107.

2° La dureté à température ordinaire de l'acier nitruré après séjour de deux heures à des températures pouvant atteindre 500° varie très peu, tandis que, dans les mêmes conditions, l'acier cémenté-trempé voit baisser très sensiblement sa dureté.

Ainsi après un séjour de deux heures à 400°, l'acier nitruré présente une dureté de 668, et l'acier-cémenté trempé une dureté de 383.

3° Enfin on note que, après séjour dans l'air liquide, la dureté à 20° de l'acier nitruré est très nettement augmentée, ce qui ne se produit pas avec l'acier cémenté-trempé. Toutefois ce dernier point mérite confirmation.

GÉOGRAPHIE. — *Du Nil aux confins du Tibesti par le centre du Désert Libyque (explorations du Prince Kemal el Dine).* Note [1] de M. **Tilho.**

En 1924, le prince Kemal el Dine, neveu de S. M. le Roi d'Égypte, ayant effectué depuis 30 ans de nombreux voyages dans le nord et l'est du

[1] Séance du 15 novembre 1926.

désert libyque (¹) entreprend d'en explorer la partie centrale jusqu'alors complètement inconnue.

En 1924-1925, il part à la découverte de l'oasis isolée de Merga, en compagnie du Dʳ Ball, chef du « Désert Survey » d'Égypte; il fixe au passage la position des puits de Mourr, Cheb et Tarfaoui, et réussit à atteindre son objectif, la palmeraie de Merga, située par 19°2′ N et 26°18′ E à 300ᵏᵐ à l'est du plateau d'Erdi.

L'année suivante (1925-1926) en compagnie de MM. de Mascarel et Menchikoff, il cherche à relier les cartes égyptiennes de la vallée du Nil à celles de la région française du Tibesti et du Borkou, par un levé d'itinéraire de 1500ᵏᵐ de développement, appuyé sur 31 positions géographiques (longitudes par T. S. F.).

Cet itinéraire, qui traverse le désert de Libye d'Est en Ouest, part de Khargeh et aboutit au puits de Sarra, en passant par Mout, Abou Ballas et Ouenat (²).

Les régions parcourues présentent l'aspect d'une immense pénéplaine de grès d'où émergent de rares massifs cristallins d'étendue très réduite; le plus vaste, celui d'Ouenat, qui domine de 1300ᵐ la plaine environnante, n'a qu'une superficie de 1500ᵏᵐ².

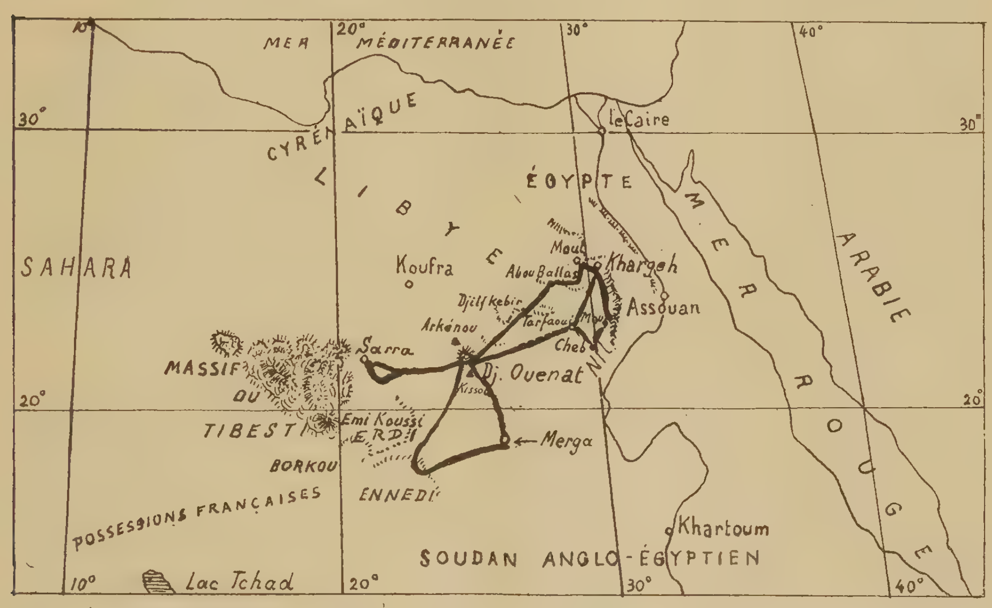
Du Nil à Ouenat. — Après avoir franchi le plateau calcaire qui sépare la vallée du Nil de la dépression Khargeh-Mout, l'expédition a traversé trois plateaux successifs, étagés en gradins depuis la cote 66 (Khargeh), jusqu'à la cote 1000 (Djilf kebir). Ces plateaux sont formés de couches de grès de Nubie légèrement inclinées vers le Nord; les deux premiers sont limités chacun par une falaise abrupte, faisant en général face au Sud ou au Sud-Est, dont le relief dépasse souvent 100ᵐ, et qui se prolonge dans la plaine par une série de « gours » isolés; le troisième, aux abords mêmes d'Ouenat, est limité par une série de gours et par des collines dont le relief dépasse 200ᵐ.

En bordure de chacun de ces plateaux s'allongent de grandes vallées absolument dénudées, derniers vestiges d'un ancien réseau hydrographique dont les eaux s'écoulaient vers le Sud-Est.

(¹) Voir *Bulletin de l'Institut d'Égypte*, 7, Session 1924-1925. *A la recherche des vestiges laissés par l'expédition Rohlfs....* Le Caire, 1925, p. 53.

(²) Le puits de Sarra a été reconnu pour la première fois en avril 1914, par le lieutenant Fouché et visité ensuite par M. Bruneau de Laborie en 1923. Ouenat a été atteint pour la première fois par Ahmed Hassanein Bey en 1923.

L'expédition n'a pas rencontré les formidables amoncellements dunaires que l'on supposait exister au cœur du désert libyque; ce ne sont ici que d'étroits cordons rectilignes, orientés du NNW au SSE, tantôt isolés, tantôt disposés en séries parallèles et séparés par des couloirs (gassis), de largeur variable. La largeur de ces cordons varie de 300 à 500^{m}; leur longueur de quelques dizaines à plusieurs centaines de kilomètres. En d'autres endroits, les dunes ne sont que des amas de sable plus ou moins irréguliers, généralement adossés à la face sud d'obstacles naturels.



ITINÉRAIRES DU PRINCE KEMAL EL DINE HUSSEIN EN LYBIE DE 1924 à 1926

D'Ouenat à Sarra. — Sur 350^{km} l'itinéraire traverse un plateau gréseux s'élevant de 550 à 650^{m} d'altitude, puis s'abaissant en pente douce vers la dépression de Sarra (cote 465). Sur ce plateau, l'expédition a traversé deux séries de cordons de dunes, s'étalant la première sur 15^{km} de largeur; la deuxième sur 25^{km}. Tous ces cordons, dans lesquels la concavité des dunes fait face au Nord-Ouest, sont orientés par N60°E, sauf aux abords d'Ouenat et d'Arkenou où, par suite probablement d'un changement local de direction des vents dominants provoqué par ces deux massifs, ils se redressent vers N40°E.

Les massifs cristallins. — Ouenat est un îlot de roches cristallines en partie recouvertes par des grès; son sommet atteint 1907^{m} d'altitude, sa

superficie est de 1500$^{km^2}$. Les profonds ravins (karkours) qui le découpent en tous sens témoignent de la puissance d'érosion des torrents qui ruisselaient sur ses pentes à une époque relativement récente; aujourd'hui, malgré la rareté des pluies, quelques-uns conservent une humidité souterraine suffisante pour entretenir une végétation arbustive et herbacée peu dense (Acacia Sayal, *Tamarix mannifera, cornulaca monochanta, Leptochloa bipinnata*). Certains possèdent près de leur origine une petite source d'eau douce, de faible débit; sur les parois de grès de leurs flancs ont été relevés des dessins rupestres et une peinture à l'ocre.

D'Ouenat on voit, à 30^{km} au Sud, le pointement de Kissou (altitude 1726^{m} superficie 50$^{km^2}$) et à 25^{km} au Nord-Ouest le massif d'Arkenou (altitude 1400^{m} superficie 300$^{km^2}$ à 400$^{km^2}$). Dans le Sud-Ouest émergent de la plaine de nombreux dykes de très faible superficie, les plus élevés atteignant 200^{m} à 300^{m} de relief.

Le puits de Sarra (21°30′40″N-21°50′36″E) donne en abondance une eau douce dont la température était de 27°C. le 29 janvier 1926. A cette date, la nappe aquifère était à 50^{m},30 de profondeur au lieu de 72^{m} à laquelle l'avait trouvée le lieutenant Fouché, en 1914, après une période exceptionnelle de sécheresse.

Climatologie. — En janvier et février 1926 les températures extrêmes ont oscillé entre — 1° et + 30°C. La rosée a été fréquemment observée avant le lever du Soleil; pendant le jour le degré hygrométrique est resté voisin de 50 pour 100 de la saturation; une pluie très légère a été observée à Abou-Ballas le 4 janvier; des orages ont été aperçus dans l'ouest-sud-ouest d'Ouenat le 11 février. Pendant toute cette période des vents faibles ou très faibles ont soufflé, de direction variable; il n'y a pas été vu de brouillards de sable.

Populations. — Bien que de rares familles gaëdas et toubous, originaires de l'Ennedi, du Tibesti et de Koufra, séjournent de temps à autre dans les maigres pâturages d'Ouenat, (où sont mis au repos de petits troupeaux de chameaux appartenant aux sédentaires de l'oasis de Koufra), la partie centrale du désert de Libye est normalement inhabitée. La palmeraie de Merga elle-même (environ 10000 palmiers autour d'un lac salé d'un hectare de superficie) n'est visitée par les Bideyats de l'Ennedi qu'au moment de la récolte des dattes.

M. H. Lecomte fait hommage à l'Académie de son Ouvrage *Les bois de l'Indochine*, un volume de texte contenant un *Appendice sur les caractères généraux de la forêt indochinoise*, par H. Guibier, et un Atlas. Publication de l'Agence économique de l'Indochine.

NOMINATIONS.

M. Louis Bazy est désigné pour représenter l'Académie à la cérémonie qui aura lieu à Londres, le 5 avril 1927, à l'occasion du centenaire de la naissance de Lord *Lister*.

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Symboles et notations des mesures métriques et usuelles*, par Adolphe Bouvier. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

2° *Manuel Pratique et Technique de l'Hybridation des Céréales*, par Michel Maylin. (Présenté par M. J. Costantin.)

3° Marage. *Allopathes et Homœopathes.* (Présenté par M. A. d'Arsonval.)

4° W. Kopaczewski. *Les ions d'hydrogène. Signification. Mesures. Applications. Données numériques.* (Présenté par M. A. d'Arsonval.)

5° Maxime Vincent. *Réflexions sur l'utilisation future des énergies naturelles.* Paris, Fischbacher, 1924.

6° Katsouro Hara. *Histoire du Japon des origines à nos jours.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le domaine correspondant aux valeurs d'une fonction analytique.* Note de M. **Paul Montel.**

Considérons une famille de fonctions $f(z)$ holomorphes dans le cercle $(C) : |z| < 1$. Certaines suites infinies de fonctions $f(z)$ peuvent converger uniformément dans l'intérieur de (C), c'est-à-dire dans tout cercle (C'), concentrique et intérieur à (C). Nous désignerons par (F) l'ensemble formé par les fonctions $f(z)$ et leurs fonctions limites et nous dirons que (F) est une famille fermée de fonctions holomorphes dans (C). Les points d'affixes $Z = f(z)$ correspondant aux valeurs d'une fonction $f(z)$ de la famille remplissent certaines régions du plan des Z. Dans la suite, nous supposerons qu'aucune fonction $f(z)$ ne se réduise à une constante; alors aucune des régions précédentes ne peut se réduire à un point; aucune suite infinie de ces régions ne tend uniformément vers un point limite unique.

Soit

$$(d_1), \quad (d_2), \quad \ldots, \quad (d_n), \quad \ldots$$

une suite infinie d'anneaux circulaires (d), l'anneau (d_n) étant limité par des circonférences concentriques de rayons r_n et $r'_n (r'_n \leqq r_n)$. Nous dirons que la suite infinie d'anneaux (d) est régulière si r_n a pour limite zéro lorsque n croît indéfiniment.

On peut établir la proposition suivante :

Soient (F) *une famille fermée de fonctions* $f(z)$ *holomorphes dans le cercle* (C) *dont aucune ne se réduit à une constante, et une suite régulière d'anneaux* (d). *Il existe un entier m tel que la région du plan couverte par les points d'affixes* $f(z)$ *contienne au moins un des anneaux*

$$(d_1), \quad (d_2), \quad \ldots, \quad (d_m).$$

On peut d'ailleurs fixer le centre de l'anneau en un point arbitrairement choisi $f(z_0)$ correspondant à une valeur z_0 telle que $|z_0| \leqq \rho < 1$.

Le théorème précédent est applicable, en particulier, dans le cas où l'on fixe les valeurs de $f(z)$ en deux points de (C) pourvu que ces valeurs soient différentes; on peut aussi se donner la valeur de $f(z)$ en un point de (C) et la valeur d'une dérivée de $f(z)$ en ce point ou en un autre point du cercle, pourvu que cette dernière valeur soit différente de zéro. D'une manière générale, on peut imposer à $f(z)$ des conditions telles qu'aucune fonction $f(z)$, ni aucune fonction limite ne soit une constante.

Examinons par exemple le cas où l'on a fixé les valeurs de $f(z)$ et de $f'(z)$ au centre du cercle. On pourra supposer $f(0)=0$, $f'(0)=1$. Les fonctions $f(z)$ seront représentées par un développement

$$f(z)=z+\ldots$$

convergent dans le cercle (C). Appelons (F_1) la famille fermée ainsi constituée. Le théorème est applicable à la famille (F_1).

On peut former une famille (F) au moyen de fonctions univalentes dans (C) puisque toute fonction limite de fonctions univalentes est une fonction univalente ou une constante. Dans ce cas, les points Z ne peuvent couvrir un anneau (d) sans couvrir entièrement le cercle dont la circonférence limite extérieurement cet anneau; donc : *les valeurs des fonctions univalentes d'une famille* (F) *couvrent un cercle de rayon supérieur à un nombre positif*. Dans le cas où les fonctions appartiennent à la famille (F_1), on retrouve un théorème de M. Koebe [1].

Supposons que l'on prenne une suite d'anneaux d'épaisseur nulle ($r'_n=r_n$). Nous voyons que *les valeurs de chaque fonction $f(z)$ d'une famille* (F) *couvrent une circonférence dont le rayon est supérieur à un nombre positif*. Dans le cas où les fonctions appartiennent à la famille (F_1), on obtient un théorème de M. Landau [2].

Si l'on reprend des anneaux d'épaisseur non nulle, on voit, en considérant les cercles inscrits dans chaque anneau, que les points Z relatifs à chaque fonction de la famille (F_1) couvrent un cercle de rayon supérieur à un nombre fixe dont le centre a un argument arbitrairement choisi. M. Fekete [3] a démontré l'existence d'un cercle toujours couvert par les points Z en faisant l'hypothèse supplémentaire que le nombre maximum des zéros de $f(z)$ est donné.

Considérons encore la famille fermée (F') des fonctions $f(z)$ nulles à l'origine et telles que le maximum de $|f(z)|$ sur une circonférence fixe soit égal à l'unité : une telle famille ne contient pas de constante et le théorème est applicable. Si l'on prend des anneaux d'épaisseur nulle, on retrouve un théorème de M. H. Bohr [4].

---

(1) *Ueber die Uniformisierung beliebiger analytischer Kurven* (*Göttinger Nachrichten*, 1907, p. 191-210).

(2) *Zum Koebeschen Verzerrungssatz* (*Rendiconti del Circolo matematico di Palermo*, **46**, 1922, p. 347).

(3) *Zum Koebeschen Verzerrungssatz* (*Göttinger Nachrichten*, 1926, p. 142-150).

(4) *Scripta Univ. atque Biblioth. Hierosolymitanarum*, **1**, 1926, p. 1.

Enfin, on peut étendre à la famille (F) une proposition que M. Valiron a récemment démontrée pour la famille (F_1) et qu'il m'a obligeamment communiquée : les points Z relatifs à chaque fonction recouvrent un cercle variable, de rayon supérieur à un nombre positif, et contenant le point $Z=0$ à l'intérieur.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la possibilité de plonger un espace riemannien donné à n dimensions dans un espace euclidien à* $\frac{n(n+1)}{2}$ *dimensions.* Note de M. **Maurice Janet.**

Étant donnée une forme quadratique de différentielles $\Sigma a_{ik}\, du_i\, du_k$ où les a sont des fonctions données des n variables $u_1, u_2, \ldots, u_n$, peut-on trouver $\frac{n(n+1)}{2}$ fonctions $x, y, \ldots$ de $u_1, u_2, \ldots, u_n$ telles que

$$dx^2 + dy^2 + \ldots = \Sigma a_{ik}\, du_i\, du_k\,?$$

On a souvent admis qu'il en est ainsi en remarquant simplement que le problème posé consiste à trouver $\frac{n(n+1)}{2}$ fonctions satisfaisant à *autant* d'équations aux dérivées partielles. Mais, à ma connaissance, on ne l'a jamais prouvé d'une manière rigoureuse.

En admettant la proposition pour le cas général de $n-1$ variables, je démontre que l'on peut passer au cas de n variables, et que la solution dépend alors, *en général*, de n fonctions arbitraires de $n-1$ variables.

Ce passage est soumis, il est vrai, à une certaine restriction : on doit supposer qu'un certain système (S) d'équations algébriques n'a pas pour conséquence une certaine équation algébrique (E) ; (S), (E) sont aisés à former. Il resterait à examiner le cas où (S) entraîne (E) ; il conviendrait tout d'abord de préciser les conditions auxquelles doivent satisfaire les a pour qu'il en soit ainsi.

Si $n=2$, la condition nécessaire et suffisante pour que le cas exceptionnel se présente, est que la forme quadratique donnée

$$a_{11}\, du_1^2 + 2a_{12}\, du_1\, du_2 + a_{22}\, du_2^2,$$

soit le *carré d'une différentielle totale exacte*, et ce cas se traite immédiatement.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Intégration d'un système comprenant une infinité d'équations différentielles ordinaires à une infinité d'inconnues.* Note [1] de M. **Léon Pomey**, présentée par M. L. Lecornu.

I. Pour intégrer un tel système *infini* [2], donné sous la forme canonique

$$\text{(E)} \qquad \frac{dy_i}{dx} + \lambda f_i(xy_1y_2\ldots) = 0 \qquad (i = 1, 2, \ldots \text{ ad inf.})$$

(où λ est un paramètre), nous allons utiliser l'équation aux dérivées partielles (à une *infinité* de variables $x, y_1, y_2, \ldots$) :

$$\text{(P)} \qquad \frac{\partial\varphi(xy_1y_2\ldots)}{\partial x} = \lambda \sum_{i=1}^{i=+\infty} f_i(xy_1y_2\ldots) \frac{\partial\varphi(xy_1y_2\ldots)}{\partial y_i}.$$

Celle-ci, moyennant les mêmes hypothèses (α) et (β) que précédemment [3] sur les domaines d'holomorphie $\Delta_0, \Delta_1, \Delta_2, \ldots$ des coefficients f_i et de la fonction $\psi(y_1, y_2\ldots)$, a, comme nous l'avons vu, une solution holomorphe $\varphi(xy_1y_2\ldots, \psi\xi)$, qui se réduit en un point *arbitraire* $x = \xi$ à une fonction *arbitraire* $\psi(y_1y_2\ldots)$ et dont nous avons obtenu une expression.

II. Or il est clair que *toute* solution φ de (P) demeure constante, lorsque les variables x et y_i sont liées par les équations (E) (car alors $d\varphi = 0$). Donc si le système (E) a un ensemble d'intégrales $y_i(x)$ ($i = 1, 2, \ldots, +\infty$), égales à des valeurs données b_i en un point donné $x = a$ (*Conditions de Cauchy*), elles devront satisfaire à l'équation

$$\text{(A)} \qquad \varphi(xy_1y_2\ldots, \psi\xi) = \varphi(ab_1b_2\ldots, \psi_a\xi),$$

ψ_a désignant $\psi(b_1b_2\ldots)$ [4]; par suite aussi, pour $\xi = a$, à celle-ci :

$$\text{(B)} \qquad \varphi(xy_1y_2\ldots, \psi a) = \psi(b_1b_2\ldots).$$

---

[1] Séance du 15 novembre 1926.

[2] M. Helge von Koch a montré dans un beau Mémoire (*Oefversigt af K. Sv. Vet. Ak. Förh.*, 56, p. 395, Stockholm, 1899) l'intérêt que présentent même en analyse de pareils systèmes, dont la considération s'impose notamment dans certains problèmes relatifs aux équations aux dérivées partielles.

[3] *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 643.

[4] Inversement d'ailleurs, il est facile de voir que si des fonctions $y_i(x)$ satisfont aux équations obtenues en prenant pour ψ, dans (A), une suite infinie de fonctions

Comme on peut évidemment échanger en même temps x avec a et chaque y_i avec b_i dans (A) et (B), lesdites intégrales vérifient nécessairement la relation

$$\text{(B }bis\text{)} \qquad \varphi(ab_1 b_2 \ldots, \psi_a x) = \psi(y_1 y_2 \ldots),$$

ainsi que la suivante, qu'on en déduit en prenant $\psi(y_1 y_2 \ldots) \equiv y_i$,

$$\text{(C)} \qquad \varphi(ab_1 b_1 \ldots, b_i x) = y_i \qquad (i = 1, 2, \ldots, +\infty).$$

Ainsi donc un tel ensemble d'intégrales y_i sera représenté explicitement par les expressions (C) *et sera par conséquent unique. Bien plus, l'équation* (B *bis*) *nous donne directement une expression d'une fonction* QUELCONQUE *de ces intégrales* ([1]), *sous forme d'une série* $\sum_{n=0}^{n=+\infty} u_n(x b_1 b_2 \ldots)$, *entière en* λ, *dans laquelle* $u_0 = \psi_a$ *et où* u_n *résulte de* u_{n-1} *par la formule*

$$\text{(D)} \qquad u_n(xb_1 b_2 \ldots) = \lambda \int_x^a \sum_{i=1}^{i=+\infty} f_i(tb_1 b_2 \ldots) \frac{\partial u_{n-1}(tb_1 b_2 \ldots)}{\partial b_i} dt.$$

D'où en particulier l'expression (C) *de* y_i *quand* $\psi_a \equiv b_i$. *Ces expressions* (B *bis*) *et* (C) *sont d'ailleurs valables dans le domaine* K, *qui comprend tous les points de* Δ_0 *situés à une distance de a inférieure à* $\frac{1}{|\lambda|\sigma}$; cela, sous la seule réserve de l'hypothèse (β) (modifiée en choisissant $\eta_i = b_i$, ce qui permet de faire $\varepsilon = 0$) ([2]).

III. Pour établir *l'existence des solutions*, nous allons démontrer que, *réciproquement, les fonctions holomorphes $y_i(x)$, représentées dans* K *par les*

---

distinctes telles que y_i, elles vérifient les équations (E). La recherche des solutions de (E) est ainsi ramenée à celle de fonctions implicites. — Cette méthode peut s'étendre à des *conditions initiales plus générales que celles de Cauchy* comme pour les systèmes finis (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1093 et 2006).

([1]) Remarquons qu'en désignant $\varphi(ab_1 b_2 \ldots, \psi_a x)$ par $\Phi(\psi_a)$, les relations (B *bis*) et (C) entraînent cette *loi générale de réciprocité :*

$$\Phi[\psi(b_1 b_2)] = \psi[\Phi(b_1), \Phi(b_2), \ldots].$$

([2]) Si le système (E) se réduit à une seule équation à une inconnue, le domaine K redonne bien celui trouvé dans une Note antérieure (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 725), et notamment, lorsque Δ_0 est un cercle, *le domaine de M. E. Picard* (*Analyse*, 2, 1893, p. 312).

expressions (C) [*sous réserve de l'hypothèse* (β) *modifiée*], *satisfont effectivement au système* (E). En effet, ξ étant un point *arbitraire* de K, désignons $y_i(\xi)$ par ω_i et $\varphi(\xi\,\omega_1\,\omega_2\ldots,\,\omega_i x)$ par $Y_i(x)$. Les fonctions holomorphes $y_i(x)$ et $Y_i(x)$, égales à ω_i pour $x=\xi$, ont même valeur dans une partie de K. Or, pour $x=\xi$, $\left(\frac{dY_i}{dx}\right)_{x=\xi}$ est visiblement égal à $-\lambda f_i(\xi\omega_1\,\omega_2\ldots)$ ou

$$-\lambda f_i[\xi Y_1(\xi)\,Y_2(\xi)\ldots].$$

Donc les $Y_i(x)$, et par suite les $y_i(x)$, vérifient (E) au point ξ. Comme celui-ci est un point quelconque de K, les fonctions $y_i(x)$ sont bien solutions du système (E). C. Q. F. D.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la régularité de la croissance.* Note (1) de M. N. **Podtiaguine**, présentée par M. Émile Borel.

Dans une Note précédente (2) j'ai considéré un mode nouveau de définir l'ordre de la croissance des fonctions. Dans la Note présente je veux parler de la régularité de la croissance des fonctions.

Quand on compare la croissance de la fonction $y=y(x)$ à celle de la variable indépendante x, les fonctions

$$v,\ v_1,\ v_2,\ \ldots,\ v_n$$

définies dans ma Note précédente prennent la forme plus simple

$$v=\frac{xy'}{y},\qquad v_1=\frac{xv'}{v},\qquad v_2=\frac{xv'_1}{v_1},\qquad \ldots,\qquad v_n=\frac{xv'_{n-1}}{v_{n-1}}.$$

Nous dirons que la croissance de la fonction y est *régulière*, si l'ordre de grandeur de y par rapport à x est égal à k (k est un nombre positif quelconque) ou $\omega^n k$, ou encore $k\omega^{-n}$. La fonction dont la croissance est régulière sera appelée par nous aussi *régulière*.

Toute fonction régulière dans le sens que nous venons de donner est régulière aussi dans le sens de M. E. Borel (3). En effet, si nous supposons, par exemple, que l'ordre de grandeur de la fonction y est égal à $\omega^n k$, nous

(1) Séance du 3 novembre 1926.

(2) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 340.

(3) *Leçons sur la théorie de la croissance*, Paris, 1910, p. 36, 39-40; *Leçons sur les fonctions entières*, Paris, 1900, p. 107.

aurons

$$\lim_{x=\infty} v_n = k$$

et, par conséquent,

$$\lim_{x=\infty} \frac{\log_{n+1} y(x)}{\log x} = \lim_{x=\infty} \frac{xy'}{y \log y \log_2 y \ldots \log_n y} = \lim_{x=\infty} \frac{v}{\log y \log_2 y \ldots \log_n y} = k,$$

à cause de la propriété 9 de la Note précédente. Il en résulte qu'il existe toujours une valeur de x à partir de laquelle on a constamment

$$e_n(x^{k-\varepsilon}) < y < e_n(x^{k+\varepsilon}),$$

quelque petit que soit le nombre positif ε donné à l'avance. Donc la fonction y est une fonction régulière au sens de M. Borel.

Nous allons maintenant indiquer quelques théorèmes concernant les fonctions régulières qui caractérisent bien la régularité de leur croissance.

Théorème 1. — *Si la fonction $y = y(x)$ ne décroît jamais et si la fonction*

$$v(x) = \frac{xy'}{y}$$

est finie pour $x = +\infty$, on a toujours

$$\lim_{x=\infty} \frac{y[x + y_1(x)]}{y(x)} = 1,$$

$y_1(x)$ étant une fonction positive quelconque vérifiant l'égalité

$$\lim_{x=\infty} \frac{y_1(x)}{x} = 0 \quad (^1).$$

Ce théorème n'exige point que la fonction y soit régulière. Il faut seulement que la fonction $v(x)$ soit finie pour $x = +\infty$.

Théorème 2. — *Toute fonction régulière $y = y(x)$ dont l'ordre de grandeur est égal à $\omega^n k$ vérifie l'égalité*

$$\lim_{x=\infty} \frac{y\left\{x + \dfrac{y_1(x)}{\log y(x) \log_2 y(x) \ldots \log_n y(x)}\right\}}{y(x)} = 1,$$

$y_1(x)$ étant une fonction positive quelconque vérifiant la condition

$$\lim_{x=\infty} \frac{y_1(x)}{x} = 0,$$

(1) Ce théorème était démontré par M. Bortolotti pour le cas $y_1(x) = 1$ (*Annali di Matematica*, 3e série, 21, 1913-1914, p. 295).

COROLLAIRE. — *Toute fonction régulière $y(x)$ d'ordre de grandeur égal à $\omega^n k$ vérifie l'égalité*

$$\lim_{x=\infty} \frac{y\left\{x+\dfrac{y_1(x)}{\log y(x)\log_2 y(x)\ldots\log_{p-1} y(x)\,[\log_p y(x)]^{1+\eta}}\right\}}{y(x)}=1,$$

quelque petit que soit le nombre positif η, *p étant un nombre entier et positif quelconque et $y_1(x)$ une fonction positive vérifiant l'égalité*

$$\lim_{x=\infty}\frac{y_1(x)}{x}=0.$$

THÉORÈME 3. — *Toutes fonctions régulières $y(x)$ et $y_1(x)$ dont les ordres de grandeur sont égaux respectivement aux nombres positifs k et k_1 vérifient, à partir d'une certaine valeur de x, les inégalités*

$$[y(x)]^{k_1-\varepsilon}<y[x+y_1(x)]<[y(x)]^{k_1+\varepsilon}$$

si $k>1$, et les inégalités

$$[y(x)]^{1-\varepsilon}<y[x+y_1(x)]<[y(x)]^{1+\varepsilon}$$

si $k\leqq 1$, quelque petit que soit le nombre positif ε donné à l'avance.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur les spectres cinématographiques de l'écoulement plan des fluides autour d'obstacles variés.* Note de MM. **A. Toussaint** et **E. Carafoli**, présentée par M. J.-L. Breton.

Nous avons déjà décrit ([1]) succinctement le tunnel hydrodynamique dont nous faisons usage pour prendre des films représentant l'évolution du mouvement plan des fluides réels.

La présente Note a pour objet de commenter ces films en indiquant les principales remarques qui se dégagent de leur examen.

Pour les obstacles classiques : plan mince normal au courant et cylindre circulaire, les films montrent que les lignes de courant frappant l'obstacle en amont déferlent et se forment en tourbillons qui suivent le contour de l'obstacle. Mais ce déferlement ne se produit qu'aux faibles vitesses du courant, pour lesquelles la viscosité influence considérablement la distribution des vitesses aux parois du tunnel et au contact de l'obstacle. Il en résulte

([1]) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1268.

que l'écoulement réel à ces faibles vitesses s'écarte beaucoup de l'écoulement plan théorique, de sorte qu'il peut naître en certains points des vitesses perpendiculaires au plan de l'écoulement. C'est principalement au point critique de la ligne de courant médiane que s'amorcent ces déferlements; ils disparaissent d'ailleurs rapidement quand on augmente la vitesse.

Pour les faibles vitesses on observe en aval un sillage d'eau morte dont les surfaces de séparation avec le courant général tendent à devenir instables à quelque distance en arrière. Cette instabilité qui donne naissance à des mouvements tourbillonnaires, augmente avec la vitesse, de sorte qu'aux vitesses moyennes (0,30 à 0,50 m : sec, suivant les dimensions de l'obstacle) on observe un sillage complètement tumultueux avec des surfaces de séparation moyennes sensiblement parallèles au courant général.

Si l'on augmente encore la vitesse on voit apparaître les tourbillons alternés de Bénard, qui, en s'éloignant en aval, s'élargissent et augmentent l'importance du sillage.

L'augmentation ou le ralentissement brusques de la vitesse donnent naissance, aux points de décollement, à un couple de tourbillons de circulations inverses. Il en est de même si l'on change brusquement l'incidence du modèle par rapport au courant.

Pour tous les obstacles l'évolution des phénomènes avec la vitesse est analogue. Mais pour les « contours bien profilés » et aux incidences modérées, les sillages sont très réduits et les lignes de courant contournent d'autant mieux ces profils que la vitesse est plus grande; elles semblent alors obéir à un potentiel. En particulier, en amont des profils d'ailes sustentatrices on observe bien le point de vitesse nulle et le contournement remarquable du profil suivant la théorie des ailes sustentatrices.

Enfin, pour les profils à fentes, aux grandes vitesses et aux grandes incidences, on voit que le passage du fluide à travers les fentes diminue l'importance des décollements par rapport à celle du profil enveloppe placé dans les mêmes conditions. Ceci explique la possibilité, pour les profils à fentes, de donner des sustentations maxima plus élevées que celles des profils pleins correspondants.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur la rotation d'une masse hétérogène. Évolution et fractionnement. Cas de Jupiter et de Saturne.* Note [1] de M. **A. Véronnet**, transmise par M. Appell.

Soit une masse fluide hétérogène soumise à l'attraction de ses parties, à l'état de régime permanent, on suppose seulement que la vitesse de chaque molécule se réduit à chaque instant à une rotation élémentaire quelconque. On démontre d'abord que toutes les rotations doivent se faire autour du même axe. L'équation de l'équilibre hydrodynamique s'écrit alors

$$(1)\qquad \frac{1}{\rho}\,dp = (X + \omega^2 x)\,dx + (Y + \omega^2 y)\,dy + Z\,dz = -\,dU.$$

Si les surfaces d'égale densité ρ et d'égale pression p coïncident, ou si $\rho = f(p)$, le second membre doit être une différentielle exacte et réciproquement. On obtient les deux conditions

$$(2)\qquad x\frac{\partial\omega^2}{\partial y} - y\frac{\partial\omega^2}{\partial x} = 0,$$

$$(3)\qquad \frac{\partial\omega^2}{\partial z} = 0.$$

On déduit de ces équations plusieurs conséquences intéressantes :

1° Il y a *deux solutions :* ou bien ω est constant. La masse tourne tout d'une pièce, en équilibre relatif. On sait que les surfaces de niveau ne peuvent pas être alors des ellipsoïdes (Hamy), sauf si la densité est constante, masse homogène. Ou bien chaque molécule décrit un cercle avec une vitesse de rotation constante. La condition (2) est alors identiquement satisfaite et la condition d'équilibre se réduit à l'équation (3). Ainsi dans l'équilibre hydrodynamique d'une masse hétérogène en rotation, *les surfaces de niveau doivent être de révolution* et la *vitesse de rotation doit être la même pour toutes les molécules situées à la même distance de l'axe de rotation.*

2° Pratiquement on suppose connue la loi de variation des densités. Si l'on se donne la courbe méridienne on pourra déterminer la loi de variation des vitesses de rotation des couches cylindriques, du centre à la surface, et réciproquement. *Il y a une solution et une seule dans tous les cas.*

3° La formule est applicable à une *masse homogène.* Pour que la figure

---

[1] Séance du 15 novembre 1926.

soit ellipsoïdale il faut que la vitesse de rotation soit la même pour toutes les molécules et réciproquement. Il n'y a pas d'autre solution.

4° Pour une masse hétérogène il est impossible de réaliser un équilibre hydrodynamique quelconque avec des ellipsoïdes à trois axes. Par conséquent il est inutile pratiquement d'étudier les figures dérivées de ces ellipsoïdes, en particulier la figure piriforme ou ovoïde. *Une masse hétérogène ne peut suivre que l'évolution des ellipsoïdes de révolution.*

5° J'ai, dans ma Thèse, encadré le cas correspondant à la condition d'équilibre (3), entre celui des ellipsoïdes homofocaux et celui des ellipsoïdes homothétiques. J'ai montré que la variation de l'aplatissement avec la vitesse de rotation est comprise entre celle d'une masse homogène ayant la même densité moyenne et celle d'une masse homogène ayant la même densité centrale (*Journal de Math.*, 1912). *Il n'y a pas d'autre solution.*

6° Si l'on admet une contraction homogène, qui conserve la loi des densités et le moment cinétique, ce qui est le cas pratique de l'évolution des astres (Laplace et Liouville), on peut montrer que la *variation de la densité et du grand axe* est délimitée de même par celle de deux ellipsoïdes homogènes. Elle est donc la même que celle qui est indiquée dans le *Traité de Mécanique*, de P. Appell (t. 4, n° 23 et 25 *bis*). La Terre, à la limite de contraction, tendrait vers un disque aplati d'une dizaine de kilomètres de rayon. A aucun moment il n'y aurait égalité entre la force centrifuge et l'attraction ni possibilité de fractionnement. L'étude d'une masse hétérogène est ainsi ramenée complètement à celle d'une masse homogène et toutes les conclusions des travaux de Poincaré lui sont applicables. Les figures dérivées des ellipsoïdes, les points de bifurcation et d'échange des stabilités sont également déterminés comme compris entre deux limites. *Le problème de la rotation d'une masse hétérogène ellipsoïdale se trouve ainsi résolu aussi complètement que celui d'une masse homogène.*

7° Avec une *rotation uniforme* d'un seul bloc, équilibre relatif, les surfaces de niveau ne seraient plus ellipsoïdales. Elles se creusent de plus en plus entre le pôle et l'équateur, avec tendance à la formation d'un anneau équatorial, comme dans l'expérience de Plateau. L'étude n'en a été faite qu'en première approximation, comme celle des figures dérivées des ellipsoïdes d'ailleurs. Il serait intéressant de la poursuivre. La figure réelle s'encadre probablement entre les deux figures ellipsoïdales indiquées ci-dessus. En tout cas *pratiquement aucun astre n'a pu provenir ainsi d'un fractionnement*, car les vitesses actuelles sont beaucoup trop faibles, et elles le seraient encore plus en remontant dans le passé, avec des masses plus dilatées.

8° Ainsi les matériaux qui ont formé les *anneaux de Saturne* n'ont pas pu provenir d'éléments tournant avec la vitesse de la planète. Ils devaient avoir dès le début une vitesse de rotation beaucoup plus grande que celle-ci, et dont le calcul détermine le rapport. *Ils doivent provenir alors d'un satellite ou d'un autre astre capté par l'atmosphère de la planète.*

9° La loi de rotation (3) explique également les *bandes parallèles de Jupiter et de Saturne et les taches du Soleil.* Du moment qu'il y a sur un astre des vitesses de rotation différentes, elles doivent nécessairement affleurer et produire des bandes et des tourbillons à la surface.

GÉODÉSIE. — *Sur les 21ᵉ et 22ᵉ campagnes de la description géométrique détaillée des Alpes françaises.* Note de M. **P. Helbronner**, présentée par M. Ch. Lallemand.

Dans ma Communication du 16 novembre 1925, j'avais présenté l'ensemble des opérations effectuées dans les mois précédents pour la jonction directe de la Corse aux extrémités de ma Chaîne Méridienne des Alpes françaises. J'avais également résumé l'exécution d'une chaîne fondamentale traversant la Corse du Nord au Sud, puis la série des opérations réalisées pour la détermination de positions astronomiques sur la périphérie et au centre de l'île, en vue, à la fois, du prolongement, jusqu'au détroit de Bonifacio, de la mesure de l'arc de méridien compris entre le Jura et la Méditerranée, et, aussi, en vue d'études locales de la déviation de la verticale; enfin j'avais fait part du début de la documentation nécessaire aux rattachements de ma chaîne primordiale avec les réseaux de premier ordre italien de 1879-1881 qui aboutissaient d'un côté, dans l'archipel toscan, aux îles de Capraia, d'Elbe et de Montecristo et qui couvraient d'un autre côté le territoire de la Sardaigne.

Si l'opération principale, c'est-à-dire la jonction géodésique directe de la Corse au Continent français, avait pu être entièrement terminée en 1925, il restait cependant trois programmes à compléter : il fallait, en premier lieu, achever, au nord de la ligne Rotondo-Cinto, la chaîne méridienne fondamentale, dont trois sommets visés des autres stations restaient à occuper; en second lieu, achever le rattachement des trois îles de l'archipel toscan par l'établissement de nouvelles directions venant concourir, avec celles de l'année précédente, à la compensation mathématique des intersections déterminant les positions du Monte Castello dans l'île de Capraia, du

Monte Capannè dans l'île d'Elbe et de la Punta Fortezza dans l'île de Montecristo; enfin, en dernier lieu, terminer le rattachement de deux des stations astronomiques (celles de Bastia et d'Ile Rousse) à ma chaîne méridienne (trois autres : celles de Calacuccia, de Pertusato et d'Ajaccio avaient déjà été reliées en 1925; j'avais également réservé l'occupation de la sixième, celle d'Alistro, pour 1926).

Ces buts ont été complètement réalisés au cours d'un nouveau séjour de six semaines dans l'île, en mai et juin derniers, pendant lequel une douzaine de stations principales ont été occupées. Pour le premier de ces buts, les sommets du Monte San Pedrone, du Monte Pigno et du Monte Asto; pour le second, ceux du Monte San Appiano, du Monte Osari, les sémaphores d'Alistro et d'Ile-Rousse, le Phare de la Pietra, la Digue de Bastia procurèrent le nombre recherché d'équations surabondantes. Quant au troisième, des observations au cours des séjours prolongés sur quelques-unes de ces positions, y satisfirent amplement, par des séries à nombreuses réitérations dirigées sur les points culminants des trois îles toscanes, qui se trouvent finalement rattachées par des compensations basées respectivement sur quatre ou cinq lieux géométriques.

D'ores et déjà sont terminés également tous les calculs relatifs à la Chaîne Méridienne de Corse et aux jonctions avec les îles toscanes à l'Est et avec la Sardaigne au Sud.

En juillet et en août, pour continuer l'achèvement de mes réseaux détaillés des Alpes, j'ai mis tout d'abord à exécution mon projet nouveau de leur extension au massif du Dévoluy. Une trentaine de stations, parmi lesquelles le Pic de Bure (2710^{m} E.M.), point de premier ordre de la triangulation primordiale du Dépôt de la Guerre, et la Grande Tête de l'Obiou (2795^{m} E.M.) en ont formé l'ossature principale.

Poursuivant en septembre, dans les Alpes Maritimes, la description géométrique détaillée des territoires limitrophes de ceux couverts dans des campagnes antérieures, je me suis appliqué à multiplier, pour des raisons spéciales urgentes, les stations permettant la définition serrée des massifs du Haut Var et de la Haute Tinée. La Cime de Pal (2810^{m} E.M.), la Tête de Gravières (2340^{m}), et plusieurs autres belvédères importants en marquèrent les principaux jalons. J'installai successivement les centres de mes rayonnements à Saint-Martin-d'Entraunes, à Saint-Étienne-de-Tinée, enfin à Beuil, complétant, avec une grande densité, les réseaux déjà amplement documentés au cours des occupations de 1923 pour ma chaîne fondamentale de Dauphiné-Provence.

Une quarantaine de stations nouvelles en fournirent les éléments.

Enfin la dernière partie de cette vingt-deuxième campagne fut marquée par plusieurs séjours à l'Observatoire du Mont Gros, à Nice, pour y parfaire l'utilisation des importantes données astronomiques — dont les études poursuivies depuis une quarantaine d'années sur les deux cercles méridiens permettent d'espérer les déterminations les plus précises pour les azimuts et les coordonnées de contrôle — nécessaires à la mesure de l'Arc de Méridien en voie de calcul.

Ces deux campagnes, qui se sont poursuivies effectivement sur le terrain pendant quatre mois et demi, ont élevé à près de dix-huit cents le nombre des stations géodésiques occupées pour ma Description géométrique détaillée des Alpes françaises.

ACOUSTIQUE. — *Accroissement de l'intensité et de la durée d'extinction du son.* Note de M. **Th. Vautier**.

Nous avons eu l'occasion de disposer d'une cuve cylindrique fermée en ciment armé installée dans une propriété viticole du Midi : cette cuve a un volume d'environ 50^{m^3} (diamètre 4^m, hauteur 4^m); elle est munie sur le fond supérieur d'une porte d'entrée, qui est restée fermée pendant nos expériences et, sur la surface latérale, d'un orifice destiné à l'extraction des marcs, qui est resté ouvert pendant nos essais; c'est par cet orifice que nous avons fait entrer un violoncelle (attribué au luthier italien Guarnerius) et que nous avons passé le haut du corps pour jouer de l'instrument. Dès que l'archet attaque une note, on est émerveillé par la beauté du son dont s'emplit la cuve, son intensité dépasse de beaucoup celle que l'on obtient à l'air libre; il rappelle un son d'orgue dans une cathédrale. Cette amplification est si grande que l'on ne distingue pas à l'oreille l'instant où l'archet abandonne la corde; il s'écoule en effet alors 1 à 2 secondes environ pendant lesquelles il semble que le son continue à être filé, tandis qu'il s'amortit brusquement, lorsque l'instrument est joué à l'air libre, dès que l'archet quitte la corde. L'intensité du son, forte, moyenne ou faible, que l'on établit dans la cuve arrive presque instantanément à l'état permanent dès que l'on a attaqué l'instrument, l'archet ayant parcouru quelques centimètres; à partir de ce moment l'énergie fournie à l'instrument joué à intensité constante compense l'énergie dissipée; la mesure de la durée d'extinction du son s'applique donc à un état suffisamment défini. Les sons du violon-

celle ont été émis tantôt en sons filés, tantôt en pizzicato : nous avons mesuré le temps que le son met à s'éteindre, compté depuis le moment où l'archet quitte la corde jusqu'à celui où l'oreille cesse de le percevoir.

Les résultats de ces mesures sont inscrits dans le tableau suivant : ce sont les moyennes d'un assez grand nombre d'expériences concordantes. Rappelons que l'ut_1 et sol_1 sont des cordes filées.

	Durées d'extinction en secondes.			
	Archet.		Pizzicato.	
Note.	Fort.	Faible.	Fort.	Faible.
ut_1	20	14,5	19	16
sol_1	17,5	11,5	18,5	9
$ré_2$	14,5	10	17	8,5
la_2	14	10,5	12	7
la_3 harmon.	11	9		
la_3 appuyé	13		14	

On peut tirer de ce tableau les conclusions suivantes : 1° l'extinction du son, que l'oreille estime instantanée à l'air libre, a une durée considérablement accrue dans la cuve : elle demande 20 secondes environ. que la corde soit frottée ou pincée; 2° cette durée diminue notablement à mesure que la hauteur du son augmente, elle passe en effet, dans l'intervalle de l'ut_1 au la_3, de 20 à 13 secondes pour les sons forts et de 15 à 9 secondes pour les faibles. Cette variation est sensiblement la même lorsque la note est émise en pizzicato (corde pincée) pour les sons forts, elle est comprise entre 16 et 7 secondes pour les sons faibles; 3° la durée d'extinction est notablement plus grande pour les notes jouées fort que pour celles jouées faiblement (pincées ou frottées). La différence peut varier de 1/3 à 1/4 (archet) et même à 1/2 (pizzicato). Il semble que la durée d'extinction du son pourrait servir de mesure à l'énergie sonore de la masse d'air vibrant au moment où l'instrumentiste cesse de jouer, c'est-à-dire à partir d'un état stationnaire défini où l'apport de l'instrument ne sert plus qu'à entretenir l'intensité du son et non pas à l'augmenter; en outre, cette énergie étant fonction du carré de l'amplitude de la molécule d'air vibrant, sa mesure permettrait de déterminer la valeur de cette amplitude, si difficile à mesurer directement; il vaudrait la peine d'étendre à d'autres instruments et réservoirs des expériences analogues aux nôtres; les conditions pouvant influencer la viscosité de l'air, notamment la température et l'humidité, seraient à rendre constantes.

A quelle cause peut-on attribuer l'effet produit par la cuve sur l'ampleur, la qualité du son, la durée de son extinction? Si l'on joue l'instrument dans une chambre ordinaire de même volume, non seulement rien de pareil ne se produit, mais si cette chambre a des tentures contre les murs, un tapis sur le sol, la qualité du son sera altérée, la chambre agira en sens inverse de la cuve : est-ce la différence de forme qui intervient? On doit invoquer plutôt l'influence de la paroi rigide et lisse, car un son musical s'altère sur des parois non rigides et non unies. La cuve semble donc avoir une influence attribuable surtout aux effets de la réflexion; elle offre quelque analogie avec l'enceinte du corps noir dont le rayonnement interne demeure constant et qui définit une température lorsque l'afflux de chaleur compense les diverses pertes, établissant ainsi un état stationnaire déterminé.

Les corps creux profonds à parois rigides, ouverts dans le haut, donnent aussi des effets acoustiques que l'on peut rattacher au renforcement produit par la cuve cylindrique fermée.

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL. — *Radiogoniomètres et radiophares à maximum accentué.* Note de M. **Léon Bouthillon**, transmise par M. André Blondel.

Considérons un système A de n cadres simples, ou $n+1$ groupes d'antennes (appelé ci-dessous système A d'ordre n), remplissant les conditions suivantes :

1° Les éléments sont implantés en ligne droite, à intervalles égaux; ils sont tous dans le même plan : c'est une application du principe général des rideaux d'antennes indiqué par M. Blondel en 1902.

2° Les efficacités totales des éléments successifs (sommes des produits hauteur efficace $\times$ intensité à la base pour les diverses antennes du groupe, ou somme des produits surface $\times$ intensité des diverses spires du cadre) sont proportionnelles aux coefficients du binome de Newton d'exposant égal au nombre d'éléments.

3° Deux éléments successifs sont déphasés de 180°.

Des systèmes semblables, mais dans lesquels les éléments successifs sont en phase, ont été étudiés par Bellini en 1914.

Des cas particuliers des systèmes A ont été décrits par Chiriex en 1923.

On démontre facilement que le diagramme d'émission ou de réception d'un système A a la forme d'un 8 de largeur d'autant plus réduite que

le nombre d'éléments est plus grand. Le maximum est dans le plan du système; les zéros dans les directions perpendiculaires. Tant que l'intervalle entre éléments est petit par rapport à la longueur d'onde, la forme du diagramme est indépendante de la grandeur de cet intervalle et des dimensions des cadres ou antennes. La courbe polaire qui le représente est

$$p = p_1 \cos^n \alpha,$$

α étant l'angle de la direction considérée avec le plan du système.

Un tel système peut évidemment être utilisé comme radiogoniomètre ou comme rodiophare, s'il est mobile autour d'un axe vertical. Mais l'énergie émise ou reçue peut être considérablement augmentée en utilisant des systèmes d'antennes ou de cadres *fixes* construits plus grands.

Examinons par exemple le problème du radiogoniomètre, étant entendu qu'il est identique à celui du radiophare tournant.

Considérons $n+1$ systèmes $A_1, A_2, \ldots, A_{n+1}$, d'ordre n, identiques, régulièrement répartis autour d'une verticale. Relions-les à des dispositifs $B_1, B_2, \ldots, B_{n+1}$ composés chacun de n couples de bobines, l'une fixe, l'autre mobile autour d'un diamètre de la première; la bobine fixe du premier couple est reliée au système d'ordre n correspondant; la bobine mobile à la bobine fixe du second couple; la bobine mobile du second couple à la bobine fixe du troisième et ainsi de suite, la dernière bobine mobile aux appareils de réception. Dans tous les couples, les bobines mobiles font par construction le même angle φ avec les bobines fixes correspondantes. Dans ces conditions, la force électromotrice induite dans la dernière bobine mobile est proportionnelle à $\cos^n\varphi$. Les dernières bobines mobiles des systèmes B sont reliées à un même circuit de réception.

Attribuons l'indice p aux éléments du système A_p et du dispositif B_p; la force électromotrice dans la dernière bobine mobile de B_p s'écrit

$$\mathcal{E}_p = k \cos^n \alpha_p \cos^2 \varphi_p \cos \left[\omega t + n\left(\frac{\pi}{2} + \frac{\pi d}{\lambda} \cos \alpha_p\right) + \chi\right],$$

χ étant la différence de phase introduite par un dispositif B, α_p étant l'angle de la direction d'incidence des ondes avec le plan du système A_p. On a

$$\alpha_p = \alpha_1 + \frac{p-1}{n+1}, \qquad \varphi_p = \varphi_1 + \frac{p-1}{n+1},$$

cette valeur de φ_p étant obtenue par réglage préalable du dispositif B_p.

La force électromotrice totale appliquée à la réception est $\sum_{1}^{n+1} \mathcal{F}_p$; si $\frac{\pi d}{\lambda}$ est très petit par rapport à la longueur d'onde, tous les $\mathcal{F}_n$ sont sensiblement en phase et l'amplitude F est la somme des amplitudes des $\mathcal{F}_p$

$$F = k\sum_{1}^{n+1} \cos^n \alpha_p \cos^n \varphi_p = \frac{k}{2^n}(n+1)(\cos^n \gamma + C_1 \cos^{n-2}\gamma + \ldots + C_1 \cos^{n-2i}\gamma + \ldots)$$

avec

$$C_1 = \frac{1}{2^{2i}} \frac{n(n-1)\ldots(n-2i+1)}{(2i)!} \frac{2i(2i-1)\ldots(i+1)}{i!},$$

$$\Upsilon = \alpha_1 - \varphi_1 = \alpha_2 - \varphi_2 = \ldots = \alpha_p - \varphi_p.$$

Ainsi la force électromotrice appliquée au circuit de réception est uniquement fonction de γ, c'est-à-dire de l'angle que fait avec la direction de l'onde incidente le plan des bobines mobiles (en supposant les bobines fixes orientées comme les systèmes A correspondants). Elle est maxima pour $\gamma = 0$. L'appareil est donc un radiogoniomètre.

Pour

$$n = 1 \text{ (radiogoniomètre n° 1)} : F = k \times 2\cos\gamma,$$

l'appareil est alors le radiogoniomètre Bellini-Tosi;

$$n = 2 \text{ (radiogoniomètre n° 2)} : F = \frac{3k}{4}(\cos^2\gamma + 1),$$

$$n = 3 \text{ (radiogoniomètre n° 3)} : F = \frac{k}{2}\left(\cos^3\gamma + \frac{3}{2}\cos\gamma\right).$$

On peut d'ailleurs, par l'association d'un radiogoniomètre n° 2 avec une antenne, obtenir un radiogoniomètre n° 2' tel que l'amplitude de la force électromotrice appliquée au circuit de réception soit

$$F' = k'' \cos^2\gamma;$$

par l'association d'un radiogoniomètre n° 3 avec un radiogoniomètre n° 1, obtenir un radiogoniomètre n° 3 tel que

$$F' = k''' \cos^3\gamma,$$

et ainsi de suite. Les caractéristiques des radiogoniomètres 1', 2', ... sont celles des systèmes A d'ordre 1, 2, 3, ...

POLARISATION ROTATOIRE. — *Sur le pouvoir rotatoire de l'acide tartrique.* Note de M. **L. Longchambon**, présentée par M. Fred. Wallerant.

I. Dans une Note récente [1], E. Vellinger interprète d'une façon inexacte l'hypothèse que j'ai formulée [2] sur le constituant gauche des solutions tartriques : rapprochant ce constituant de l'acide cristallisé, qui est aussi lévogyre, et constatant que ces deux corps ont des dispersions très voisines, comprises entre 2 et 2,2, j'avais supposé que le corps gauche des solutions, fort souvent considéré comme une modification chimique de l'acide tartrique (éther, anhydride, etc.), pouvait être simplement l'acide tartrique ordinaire, *tel qu'il se trouve dans le cristal.*

J'appelais cette forme l'acide α et ajoutais qu'il n'était pas possible, à l'heure actuelle, d'évaluer sa masse moléculaire, non plus d'ailleurs que celle de la forme droite. Je n'ai donc nullement, comme le rapporte E. Vellinger, donné à cet acide α la « formule classique » de l'acide tartrique.

Mais peut-on seulement parler de formule classique? Il existe bien une formule plane interprétant convenablement les propriétés chimiques, mais la formule stérique n'est nullement établie : on ne sait rien en effet sur l'orientation relative des deux tétraèdres identiques qui constituent la molécule; on ne sait même pas s'il existe une position privilégiée, ou seulement une position moyenne, ou encore une liberté complète des deux tétraèdres. Quelques auteurs envisagent volontiers les trois formules pour lesquelles les deux tétraèdres ont leurs arêtes parallèles, mais ces positions n'ont aucun caractère de nécessité et n'ont rien de plus remarquable que les positions intermédiaires. Peut-être, pour l'ion divalent porteur de deux charges de même signe, serait-on en droit d'adopter une position où les deux sommets intéressés seraient aux antipodes, mais ce serait encore très certainement anticiper.

Je ferai remarquer que cette formule stérique, et pour toute orientation relative des deux tétraèdres, admet un axe binaire de répétition : *la formule stérique de l'acide tartrique a donc même symétrie que les cristaux*, propriété assez rare que l'on retrouve dans les complexes de Werner du genre cobalt-triéthylène-diamine dont la formule et les cristaux ont la même symétrie A_3, $3L_2$.

---

[1] *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 741.

[2] *Ibid.*, **178**, 1924, p. 951.

II. Quels faits nouveaux apporte la Note de E. Vellinger? L'auteur affirme, après tant d'autres, que les solutions droites sont un mélange de molécules indissociées, d'ions monovalents et d'ions divalents. Mais le problème est de savoir quelle est la part de chacun de ces corps dans la variation du pouvoir rotatoire des solutions, et dans cette étude on se heurte à de singulières difficultés. Dans le domaine des faits, E. Vellinger prétend que le pouvoir rotatoire de l'acide tartrique, quel que soit le milieu, se porte sur le même diagramme rectiligne de Darmois. D'après mes observations, si l'on construit le diagramme relatif aux solutions aqueuses avec ou sans addition de sels, les droites relatives aux solutions où il existe de l'alcool ne passent pas par le point de convergence, et celles relatives aux tartrates font également exception. L'écart n'est sans doute pas considérable, mais très supérieur aux erreurs expérimentales ([1]).

III. Pour mettre en évidence de façon directe l'effet de la dilution, nous avions étudié, E. Darmois et moi, des solutions d'acide tartrique jusqu'à la concentration 0,00625. Le pouvoir rotatoire et la dispersion augmentent avec la solution et se placent toujours sur le même diagramme. Ci-dessous les valeurs trouvées :

C...	40.	30.	20.	10.	5.	2.	1.
$[\alpha]^{578}$.....	10°,11	11°,18	12°,41	13°,9	14°,6	15°,2	15°,8
d........	–	–	1,08	1,15	1,22	1,23	1,24

C...	0,5.	0,2.	0,1.	0,05.	0,025.	0,012.	0,00625.
$[\alpha]^{578}$.......	16°,5	18°,4	19°,6	20°,4	21°,7	22°	24°
d.........	1,27	1,29	1,30	1,42	–	–	–

Variation du pouvoir rotatoire en fonction de la dilution ([2]) $t = 20°$.

Cette étude a nécessité l'utilisation d'un tube polarimétrique de 10^{m} de longueur et n'a pu porté sur des concentrations plus faibles par suite de la petitesse des rotations à mesurer. Malgré le relèvement obtenu pour le pouvoir rotatoire et la dispersion, le fait que la limite n'est pas atteinte montre qu'à ces dilatations extrêmes le corps gauche existe encore en quantité appréciable, ou qu'il possède un pouvoir rotatoire très élevé.

IV. J'ai pu étudier des solutions riches en corps gauche en refroidissant des solutions aqueuses contenant du chlorure de calcium. Les valeurs ci-après correspondent à une concentration $c = 50$ d'acide tartrique dans

---

([1]) Je donnerai le détail des mesures dans un autre Recueil.

([2]) Mesures inédites de E. Darmois et L. Longchambon.

une solution de $CaCl^2$ de densité $d = 1,403$ à 20°. Les corrections de densité ont été faites :

t.	$[\alpha]^{578}$.	$[\alpha]^{436}$.	Dispersion.
+43°....................	−27°,6	−63°,8	2,31
+11,5....................	−43,8	−95,8	2,19
−13....................	−61,5	−132,3	2,15
−24....................	−72,4	–	–
−40....................	−88	–	–

Variation du pouvoir rotatoire en fonction de la température.

Les valeurs ci-dessus croissent régulièrement, ce qui fait prévoir un pouvoir rotatoire très élevé pour l'acide α. La dispersion de cet acide est donc maintenant localisée entre 2 et 2,15. Je poursuis cette étude aux températures plus basses avec de l'acide surfondu.

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Contribution à l'étude de la rœntgenspectrographie des perles*. Note (¹) de MM. **J. Galibourg** et **F. Ryziger**, présentée par M. L. Guillet.

Les différents procédés (²) proposés pour l'identification des perles de culture font appel à des propriétés différentes et se complètent mutuellement.

Nous avons entrepris sur le procédé de *rœntgenspectrographie* décrit par M. Dauvillier une série d'expériences qui nous ont permis de préciser quelques points en suspens.

On sait (³) qu'un faisceau de rayons X perpendiculaire aux plans de la nacre donne un spectre formé de points disposés au sommet d'un ou plusieurs hexagones enchevêtrés. Pour la perle, constituée, de la surface au centre, par des couches concentriques, le spectre doit être analogue puisque les couches de perles sont normales au faisceau. Ceci s'entend, naturellement, pour des perles rondes. Les couches plus ou moins tourmentées des perles baroques peuvent amener toutes sortes de perturbations.

(¹) Séance du 15 novembre 1926.

(²) Galibourg et Ryziger, *Comptes rendus*, **174**, 1922, p. 1012-1014. — Dauvillier, *Ibid.*, **179**, 1924, p. 818. — Szylard, *Ibid.*, **180**, 1925, p. 433; **181**, 1925, p. 413. — Chilowsky et Perrin, *Ibid.*, **181**, 1925, p. 604.

(³) J.-H. Shaxby, *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 1602.

Nous avons obtenu des spectres constitués par plusieurs hexagones concentriques pour :

1° Une perle complète, reconnue sans centre différencié après sciage;

2° Un fragment détaché à la périphérie d'une perle;

3° Une perle évidée de son centre par un outil spécial.

Si le spectre hexagonal caractérise l'incidence normale des rayons X sur la couche perlière, par analogie avec la nacre, le spectre binaire caractérisera une incidence parallèle aux couches.

Nous l'avons vérifié en découpant dans les assises externes d'une perle un échantillon assez petit pour que ses couches puissent en être considérées comme plan parallèles.

D'après ce qui précède, on conçoit que si le faisceau de rayons X frappe normalement les couches plan parallèles du noyau de nacre d'une perle cultivée, le spectre obtenu sera identique à celui d'une perle fine.

Nous avons cherché à nous rendre compte de la probabilité de ce cas en enregistrant de 5 en 5° environ les spectres d'un échantillon de nacre tournant autour d'un axe perpendiculaire au faisceau, cet axe étant compris dans une des couches plan parallèles; nous avons fait de même pour une perle cultivée.

Pour la nacre, les spectres s'apparentaient à la symétrie senaire (1), tant que le faisceau de rayons X ne s'écartait pas de la normale aux couches de nacre de plus de 35°, et à la symétrie binaire (2) pour le reste de la rotation; pour la perle cultivée, la limite a été de 37° pour l'échantillon examiné.

Par conséquent, en présence d'une perle à identifier, il conviendra de faire une première exposition dans un sens quelconque. Si la perle est cultivée, le calcul basé sur les mesures précédentes montre qu'elle donnera un spectre binaire typique six fois environ contre une. Si le spectre est hexagonal, une rotation de 90° lèvera le doute, car elle donnera un spectre hexagonal si la perle est naturelle; et à coup sûr, un spectre à symétrie binaire si la perle est cultivée, le faisceau sortant sûrement du cône de 74°.

On peut donc s'abstenir de la recherche préalable de l'orientation des plans de nacre que nous avions un moment cru indispensable.

---

(1) Pour obtenir un spectre parfaitement hexagonal, l'orientation doit être réglée très exactement.

(2) Pour obtenir une symétrie binaire parfaite, il faut une orientation convenable du rayon X dans le plan comme l'a prouvé une série de 17 spectres enregistrés sur un même échantillon.

En résumé, nous avons constaté :

1° Que des perles sans *noyau secondaire* donnaient un spectre constitué par des hexagones concentriques plus ou moins nets, d'ailleurs, suivant le point frappé par les rayons X. Ces perles se comportent comme un cristal unique, ce qui semblerait indiquer que les cristaux de CO^3Ca n'ont pas seulement leur axe de symétrie senaire perpendiculaire aux plans des couches, mais que les autres axes des cristaux sont, tout au moins dans le champ du faisceau de rayons X, orientés parallèlement. D'ailleurs, en faisant tourner la perle ou la nacre autour du faisceau de rayons X, sans prendre de précaution spéciale pour que le faisceau tombe toujours très exactement au même point, le spectre tourne du même angle que l'échantillon.

2° Que le spectre de perle fine n'était nettement caractérisé que si la perle était orientée de façon que le faisceau traverse normalement les couches de perle.

3° Que pour obtenir un spectre caractéristique de la perle cultivée, il fallait que la nacre du noyau fût orientée de façon telle que la normale aux couches de nacre s'écartât de la direction du faisceau de 37° au moins.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur les particules de long parcours émises par le dépôt actif* B + C *de l'actinium.* Note [1] de M. P. Mercier, présentée par M. J. Perrin.

Comme c'est le cas pour le radium C et le thorium C, les atomes de l'actinium C présentent deux possibilités de désintégration distinctes. Il en résulte deux groupes de particules α. L'un très nombreux est dû aux atomes qui se brisent en émettant une particule α : ce groupe est désigné habituellement sous le nom de particules ordinaires et son parcours dans l'air est de $5^{cm},55$ à 15° et 760^{mm}. L'autre connu sous le nom de particules longues provient des atomes très peu nombreux qui ont passé par le stade intermédiaire actinium C′ avant d'émettre une particule α. Si l'importance relative des deux groupes est connue, on saura du même coup la proportion des atomes qui subissent l'une ou l'autre transformation.

Le tableau ci-après donne à 15° et 760^{mm} le parcours p en centimètres et le nombre n de particules longues pour mille ordinaires.

---

(1) Séance du 8 novembre 1926.

Auteurs.	Méthode.	p.	n.
Marsden et Perkins [1]	scintill.	6,4	1,5
Varder et Marsden [2]	ionisat.	6,45	2
Bates et Rogers [3]	scintill.	6,49	2,96

Bates et Rogers ont observé en outre un certain nombre de particules de parcours plus grand que $6^{cm},5$ estimé par eux à 260 pour 10^6 ordinaires. Ce nombre comprenait les particules H excitées dans l'air et dans le mica des écrans. Ils ont constaté aussi la présence d'un petit nombre de particules parasites dues au thorium C.

Mme Curie m'a suggéré de reprendre ce travail en employant un dispositif [4] qui élimine complètement l'emploi d'écrans métalliques, en les remplaçant par un gaz comprimé dans l'intervalle compris entre la source et l'écran au Zn S. Connaissant le pouvoir d'arrêt du gaz et la distance de la source à l'écran, on peut déterminer pour chaque pression mesurée au manomètre l'épaisseur d'air équivalente à l'écran gazeux.

Les conditions expérimentales étaient les suivantes : la durée de l'activation était en moyenne de deux heures, et la source avait 3^{mm} de diamètre. L'écran au ZnS était plan, et le champ du microscope avait 20^{mm^2}. Le gaz contenu dans l'appareil était l'anhydride carbonique.

La distance de la source à l'écran était de 3^{cm}.

La mesure du rapport n du nombre de particules longues, au nombre de particules ordinaires, était basée sur la méthode de décroissance.

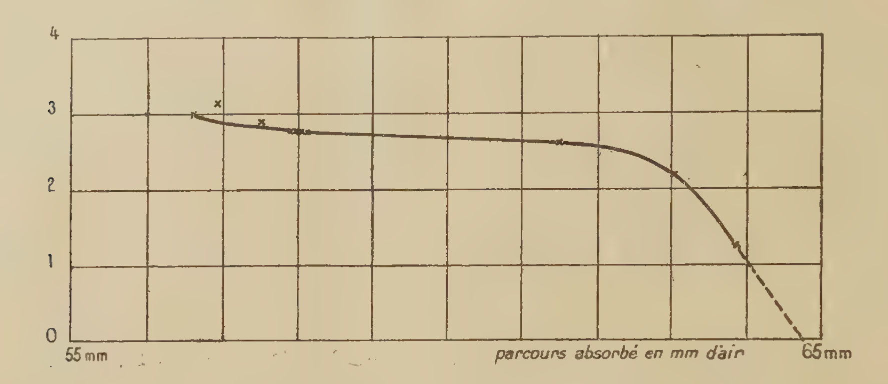
Les deux groupes ont été observés avec un même parcours restant équivalent à 7^{mm} d'air. Une série de quatre expériences a donné pour n la valeur de 2,8 *particules longues pour mille ordinaires*.

Si l'on compte les particules longues en différents points de leur parcours, le nombre observé diminue lentement jusqu'à une distance de 2^{mm} de la fin du parcours. A partir de ce point, la diminution est rapide, et la prolongation de la courbe vient couper l'axe des x au point $6^{mm},47$ correspondant à la fin du parcours des particules longues à 15° et 760^{mm}. Dans le diagramme suivant, résumant une série d'expériences, ν représente le nombre de particules longues observées en différents points de leur parcours et rapporté à 10^3 particules ordinaires observées avec un parcours restant de 7^{mm}.

---

(1) Marsden et Perkins, *Phil. Mag.*, 27, 1914, p. 690-703.
(2) Varder et Marsden, *Phil. Mag.*, 28, 1914, p. 818-821.
(3) Bates et Rogers, *Proc. Roy. Soc.*, 105, 1924, p. 97-116.
(4) Mlle Curie et N. Yamada, *Journ. Phys.*, 6e série, 6, 1925, p. 376-389.

Dans le but de vérifier s'il existe des particules dues au dépôt actif de l'actinium de parcours supérieur à 6cm,5, des expériences ont été réalisées en plaçant la source à une distance de 1cm de l'écran. On commençait par



compter les particules de parcours supérieur à 6cm,5, et quand la source avait suffisamment décru, on comptait les particules de 6cm,5. La source la plus forte obtenue envoyait par minute sur l'écran environ 500 particules de 6cm,5 au moment où commençaient les premiers comptages de particules de parcours plus long.

On a constaté par minute la présence d'environ 10 particules parasites de parcours 8cm,6 dues au thorium C et décroissant avec la période du thorium C; aucune particule n'a été observée au-dessus de ce parcours. Le nombre de particules de parcours supérieur à 6cm,5, attribuables à l'actinium ou à des rayons H, ne dépassait pas 2 ou 3 par minute.

Il est probable que s'il existe des particules dues au dépôt actif de l'actinium de parcours compris entre 6,5 et 9cm d'air, leur nombre doit être inférieur à 30 pour 10^6 particules ordinaires.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Quelques propriétés des grosses molécules en solution.* Note [1] de M. **Neda Marinesco**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans une Note antérieure [2] j'ai montré que certaines molécules colorantes s'entourent en solution d'une périsphère monomoléculaire du solvant (eau et monoalcools), dans laquelle le nombre de molécules fixées reste

(1) Séance du 8 novembre 1926.

(2) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1149.

constant pour les différents solvants et est caractéristique de la substance dissoute. On trouve que ce nombre est 7 pour le saccharose ([1]), 12 pour la rhodamine B, 9 pour l'uranine, 16 pour l'éosine, 21 pour l'érythrosine et 28 pour le rose bengal, tous ces colorants étant des sels de soude. J'ai montré aussi que les propriétés diélectriques du solvant interviennent dans le sens prévu par la théorie de la polarité des molécules.

I. D'après Victor Henri, J.-J Thomson, Langmuir, les molécules du solvant sont adsorbées par leurs ions les plus déformables. Il résulte que les dipôles fixés tournent vers l'extérieur des périsphères les centres de charges d'un même signe; les micelles ainsi formées — de charge totale nulle — se repoussent réciproquement et ne peuvent pas s'approcher à une distance telle que les forces de cohésion soient en action.

D'après Walden, Ulich et Werner ([2]), autour de chaque ion en solution, le solvant est saturé diélectriquement, les dipôles étant orientés et fortement fixés. Si à côté des molécules non dissociées on ajoutait un sel dissociable, les ions formés, ayant un champ plus intense, détruisent le cortège des dipôles des molécules colorantes, qui peuvent se précipiter.

Or, tous ces colorants sont déplacés de leurs solutions en milieu neutre, par les sels fortement dissociables.

II. On trouve pour le rapport $\frac{C}{S}$ (C le nombre des dipôles fixés, S surface de la grosse molécule) :

3.10^{14} pour le saccharose,	$4,8.10^{14}$ pour l'éosine (sel de Na),
$3,4.10^{14}$ pour l'uranine (sel de Na),	$5,7.10^{14}$ pour l'érythrosine (sel de Na),
$3,8.10^{14}$ pour la rhodamine B,	$6,9.10^{14}$ pour le rose bengal (sel de Na).

On voit que ce rapport est une fonction d'une propriété de la molécule, qui doit être sa déformabilité. Les constantes de déformabilité des halogènes sont parmi les plus grandes ([3]); l'éosine, l'érythrosine et surtout le rose bengal sont des substances fortement halogénées. De même si l'on remplaçait le sodium par le cæsium ou par le lithium dans ces molécules, il serait fort probable que le rapport $\frac{C}{S}$ augmenterait ou diminuerait, parce que la constante de déformabilité du cæsium est 13 fois plus grande et celle du lithium 3 fois plus petite, que celle du sodium.

([1]) D'après les valeurs d'Einstein sur le sucre, dans l'eau (*Ann. der Phys.*, 34, 1911, p. 592).

([2]) *Zts. f. phys. Chemie*, 116, 1925, p. 261.

([3]) Victor Henri, *Conf. Soc. Chimie physique*, 12, 1925, p. 32.

III. J'ai montré aussi que les molécules du solvant ne sont plus adsorbées si celui-ci contient des ions OH, qui composent une atmosphère autour de la molécule dissoute. Les mesures de concentrations ioniques amènent à la même conclusion; par exemple si à une solution d'un pH = 12,96 on ajoute 0,5 pour 100 d'uranine, le pH tombe à 10,20. On trouve 8 ions fixés pour une molécule.

IV. En ce qui concerne les poids moléculaires de ces substances, à cause du volume trop grand qu'elles occupent en solution, on ne peut l'évaluer que très approximativement par l'application de la loi des gaz. On trouve ainsi 245 au lieu de 475 pour la rhodamine B, 620 au lieu de 1050 pour le rose bengal. Donc la seule méthode correcte pour l'évaluer est celle qu'on déduit des mesures de diffusion, en utilisant les relations

$$M\varphi = \frac{4}{3}\pi\rho^3 . N \tag{1}$$

et

$$D = \frac{RT}{N} \cdot \frac{1}{6\pi\eta\rho}, \tag{2}$$

φ étant le volume spécifique en solution déduit d'après la relation d'Einstein

$$\eta = \eta_0(1 + 2,5\varphi) \tag{3}$$

et non le volume spécifique à l'état solide comme l'a proposé Herzog [1], parce que le rayon de la particule dissoute est beaucoup plus grand qu'à l'état solide.

Par une technique qui sera exposée ailleurs [2], j'ai mesuré les coefficients de diffusion à 20°. On trouve :

Pour la rhodamine B, dans l'eau, $D = 0,332 . 10^{-5}$, $\varphi = 1^{cm^3},156$ qui donnent p. m. 544 au lieu de 478; dans l'alcool éthylique, $D = 0,240 . 10^{-5}$, $\varphi = 2^{cm^3},167$, qui donnent 470 au lieu de 478. Pour le *rose bengal* dans l'eau on trouve $D = 0,266 . 10^{-5}$, $\varphi = 1^{cm^3},084$ et p. m. 1130 au lieu de 1050. J'ai fait les calculs par rapport à $N = 61 . 10^{22}$, mais en général la valeur $65 . 10^{22}$ convient mieux.

On voit donc que la loi de Stokes reste encore valable pour ces grosses molécules.

---

[1] *Zts. f. Electrochemie*, 10, 1910, p. 1003.

[2] En principe, on fait diffuser la substance dans une cuve optique qu'on peut déplacer perpendiculairement dans le champ d'un microcolorimètre. En opérant dans la lumière monochromatisée pour le maximum d'absorption de la substance, on peut doser celle-ci sur une toute petite plage ($0^{mm},5$-$0^{mm},6$). Le réglage de température est automatique et très constant.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Particularités des cassures des gels d'acroléine ; Production rythmique de sillons.* Note de MM. **Charles Dufraisse** et **Paul Gailliot**, présentée par M. Jean Perrin.

On sait que l'acroléine, $CH^2 = CH - CHO$, peut se condenser sur elle-même en donnant, sous l'influence de catalyseurs appropriés, des résines qui peuvent prendre la forme de gels (Ch. Moureu et Ch. Dufraisse).

Les cassures de ces gels (¹) donnent naissance à des surfaces sur lesquelles un examen attentif nous a permis de constater parfois de remarquables régularités : une étendue plus ou moins grande porte des lignes droites parallèles et équidistantes. L'aspect au microscope est celui d'une terre labourée, d'où le nom de sillons que nous proposons, sans rien préjuger de leur nature, pour désigner ces tracés périodiquement alignés.

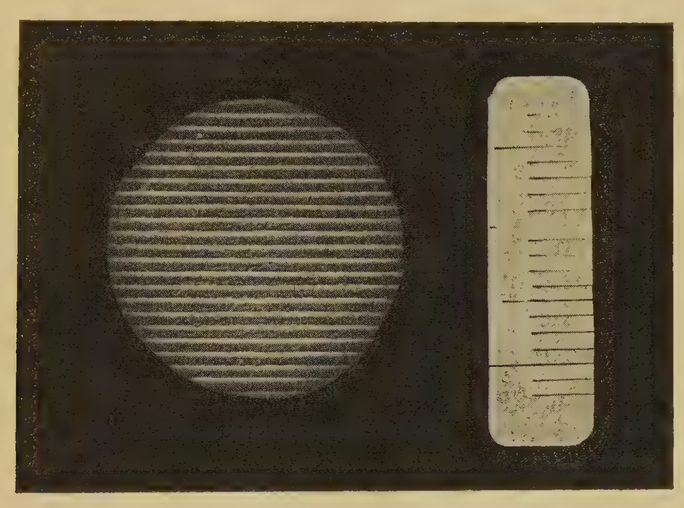


Fig. 1.

On a fait figurer sur la droite un micromètre vu au même grossissement que les sillons : chaque division de ce micromètre représente 1/100ᵉ de millimètre.

a. Particularités optiques. — La curieuse régularité des sillons apparaît déjà bien par l'examen microscopique (*fig.* 1), mais elle se manifeste de manière plus frappante par les phénomènes de diffraction.

Les sillons forment, en effet, un réseau optique (120 traits environ par millimètre, pour le réseau de la figure 1) et donnent des spectres par transmission ou par réflexion. Bien mieux, on peut obtenir des spectrogrammes : la figure 2 représente le spectre de la lampe à vapeur de

(¹) Les gels d'acroléine présentent une grande résistance au choc, pourvu qu'ils ne portent pas d'angles vifs (arête vive ou fêlure) : nos cassures étaient obtenues après « amorçage » par un trait de scie.

mercure, obtenu par transmission au travers d'un semblable réseau de cassure. Si l'on tient compte de diverses imperfections accessoires du dispositif optique (gauchissement de la surface, etc.), on reconnaîtra qu'un tel réseau est d'une régularité vraiment bien inattendue, vu la façon dont il a été tracé : d'un violent coup de maillet sur la matière.

Le spectrogramme de la figure 2 est peu riche en raies : cela tient aux propriétés absorbantes du gel d'acroléine pour les radiations les

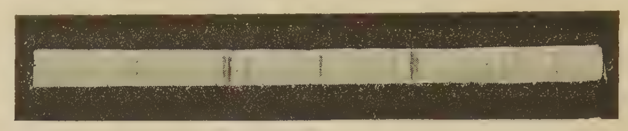


Fig. 2.

plus réfrangibles. D'après nos calculs, les trois raies qui apparaissent sont $\lambda = 4358$ Å, 5461 Å, et 5769 Å.

Les spectres de troisième ordre, très visibles à l'œil nu, ne figurent pas sur le cliché, sans doute par suite d'une pose insuffisante.

La frange centrale, de transmission directe, est peu intense : bien qu'elle concentre toutes les radiations, elle est moins intense que les secondes raies des spectres de premier ordre. Il y a donc beaucoup moins de lumière émergeant directement que de lumière dispersée par diffraction.

b. Le rythme. — Le rythme n'est pas rigoureusement simple, contrairement à la première impression qu'il donne : l'écart entre les sillons est légèrement variable, non seulement d'une cassure à l'autre, mais même d'un point à l'autre du champ de sillons. Cette variation est continue, mais généralement peu accentuée. Cependant il peut arriver que la variation d'écart soit rapide et régulière : les sillons sont alors convergents, ce qui donne un réseau en éventail et *une disposition en arc des spectres de diffraction.*

c. Nature des sillons. — Nos nombreuses observations et nos microphotographies, effectuées dans des conditions très variées, tendent à faire supposer que la surface du réseau est lisse. Au contraire, l'obtention d'une copie du réseau, par moulage au collodion, tend à démontrer l'existence d'un certain relief sur la même surface. Nous accordons ces deux conclusions d'apparences contradictoires en attribuant les sillons à la production rythmique de fines fêlures (moins de $0^{\mu},5$ de large) sur une surface lisse.

d. Conclusions. — Nous ne pouvons songer à donner ici, même résumés,

les résultats de nos expériences sur le phénomène, pas plus que les raisons qui nous ont orientés dans le choix d'une hypothèse pour rendre compte du rythme. Indiquons simplement qu'à nos yeux le rythme préexiste dans la matière, avant toute cassure. Nous attribuons donc à la structure même du gel la production périodique de sillons.

Ce serait l'alignement côte à côte de fibres égales qui serait la cause indispensable de l'apparition d'un rythme, sous l'influence d'une action aussi grossière qu'une cassure brutale.

Quant aux fibres, elles seraient plutôt des fibres composées, de véritables cordes, formées par la réunion de filaments dont nous croyons avoir établi l'existence. Ces filaments élémentaires auraient un calibre de l'ordre de 1^{μ}.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la désamination de quelques phényl-amino-alcools* $C^6H^5 - CHOH - CH(NH^2).R$. *Obtention d'acylophénones sans transposition.* Note de M. **Tiffeneau** et Mlle **J. Lévy**, présentée par M. A. Béhal.

On sait que les glycols bisecondaires du type Ar.CHOH.CHOH.R, lorsqu'ils sont soumis à l'action déshydratante des acides, se transforment, sans transposition, en cétones $Ar.CH^2.CO.R$ (1); il y a perte de l'oxhydryle voisin du phényle et formation probable du dérivé vinylique intermédiaire

$$\text{(I)}\quad C^6H^5.CHOH.CHOH.R \xrightarrow{-H^2O} C^6H^5.CH:C(OH).R \rightarrow C^6H^5.CH^2.CO.R.$$

Il en est de même des oxydes d'éthylène correspondants qui, par simple isomérisation sous l'influence de la chaleur, donnent, avec des rendements plus ou moins élevés, les mêmes cétones (2); il y a, dans ce cas, rupture de l'oxygène oxydique du côté du radical phényle et migration de l'atome d'hydrogène

$$\text{(II)}\quad C^6H^5.\underset{\diagdown\,O\,\diagup}{CH - CH}.R \rightarrow C^6H^5.\overset{|}{CH} - \underset{\underset{|}{O}}{\overset{|}{CH}}.R \rightarrow C^6H^5.CH^2.CO.R.$$

(1) Zincke, *D. ch. Ges.*, 17, 1884, p. 710. — M. Tiffeneau, *Comptes rendus*, 142, 1906, p. 1538.

(2) Hoering, *D. ch. G.*, 38, 1905, p. 3477. — Fourneau et Tiffeneau, *Comptes rendus*, 141, 1905, p. 662.

Par contre, les iodhydrines Ar.CHOH.CHI.R, quoique dérivant des mêmes glycols, se transforment, par perte de HI, en aldéhydes avec migration du radical phényle [1]

$$\text{(III)}\quad C^6H^5.CHOH.CHI.R \xrightarrow{-HI} C^6H^5.\underset{|}{C}H.\underset{|}{C}H.R \ (\text{-O-}) \rightarrow CHO.CH\left\langle\begin{matrix}C^6H^5\\ R\end{matrix}\right. .$$

A ces iodhydrines correspondent des amino-alcools de même structure $C^6H^5.CHOH.CH(NH^2).R$ dont il était intéressant de rechercher si, par désamination, ils conduiraient aux mêmes produits de transformation avec migration phénylique. On sait, en effet, que, par désamination des divers amino-alcools aromatiques, Mac Kenzie et R. Roger [2], puis ultérieurement Bettzieche, Orekhoff et M. Roger, Luce [3], ont obtenu des cétones, avec migration suivant le mode semipinacolique, ce qui a fait donner à cette réaction le nom de désamination semipinacolique.

L'étude que nous avons entreprise a été effectuée sur quatre amino-alcools, à savoir : deux amino-butanols, le phényl-1-amino-2-butanol (P. F. 76-78°) et le phényl-1-méthyl-3-amino-2-butanol (P. F. 81-83°) ; un amino-pentanol, le phényl-1-amino-2-pentanol (P. F. 70-72°) ; un aminohexanol, le phényl-1-amino-2-hexanol (P. F. 65-66°). Ces quatre amino-alcools ont été obtenus par réduction des oximes des cétones-alcools correspondants :

$$C^6H^5.CHOH.CO.R \rightarrow C^6H^5.CHOH.C(NOH).R \rightarrow C^6H^5.CHOH.CH(NH^2)R.$$

Leur désamination par l'acide nitreux a conduit, dans chaque cas, à l'obtention d'acylophénones sans transposition, à savoir respectivement : la phénylbutanone (oxime, F. 49-50° ; semicarbazone, F. 188-189°) ; l'isovalérophénone (oxime, F. 72° ; semi-carbazone, F. 210°) ; la valérophénone (oxime, F. 52° ; semicarbazone, F. 166°) ; la phénylhexanone (semicarbazone, F. 132°).

La réaction générale de désamination de ces amino-alcools peut s'écrire :

$$C^6H^5.CHOH.CH(NH^2).R \xrightarrow{NH^3} C^6H^5.C(OH):CH.R \rightarrow C^6H^5.CO.CH^2.R.$$

Il est vraisemblable qu'il y a eu, dans ce cas, élimination de NH^3 aux dépens de l'hydrogène fixé au carbone voisin et formation intermédiaire

---

(1) Tiffeneau, *Ann. Ch. Phys.*, 8e série, 10, 1907, p. 352-354.

(2) Mac Kenzie et R. Roger, *J. Ch. Soc.*, 125, 1924, p. 844.

(3) Bettzieche, *Zeit. f. Physiol.*, 140, 1924, p. 273. — A. Orékhoff et M. Roger, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 70. — Luce, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 145.

d'alcool vinylique, alors que, dans la réaction III ci-dessus, cette élimination s'était effectuée aux dépens de l'hydrogène de l'oxhydryle. En tout cas, il n'y a pas eu formation du glycol correspondant qui, par déshydratation, aurait conduit aux cétones du type I.

Ainsi la stabilité des deux hydrogènes de la fonction alcool secondaire CHOH dépend de la nature des substituants voisins et de la réaction qui est mise en jeu. Nous savons qu'il en est de même dans la déshydratation de certains α-glycols.

Conclusions. — Dans la désamination des phénylamino-alcools du type $C^6H^5.CHOH.CH(NH^2).R$, l'élimination de NH^3 s'effectue aux dépens de l'hydrogène fixé au carbone voisin, non avec production des glycols correspondants qui conduiraient aux cétones du type I, mais avec formation intermédiaire probable de dérivés vinyliques qui se transforment en acylophénones sans transposition.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la constitution des dérivés organo-magnésiens.* Note de M. **Pierre Jolibois**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Dans une Note antérieure (1), j'ai exposé, en m'appuyant sur des expériences nouvelles, quelles raisons me paraissaient devoir faire préférer la formule $Mg(C^2H^5)^2$, MgI^2 à la formule généralement admise $Mg.C^2H^5.I$. Les conclusions de cette étude ont subi de la part de différents auteurs des critiques que M. Grignard a résumées dans son intéressante conférence publiée par la Société chimique de France (2). De toutes les expériences proposées, la seule qui, pour M. Grignard, apporte un argument décisif en faveur de la formule $MgIC^2H^5$ est celle de MM. Job et Dubien. Or, depuis la publication de cette conférence, a paru un travail de M. Terentjew (3), dont les conclusions confirment les miennes. Cet auteur a décrit avec beaucoup de soin les précautions qu'il a prises pour déterminer avec exactitude, par ébullioscopie dans l'éther, le poids moléculaire de l'iodure de magnésium méthyle. Les nombres qu'il a obtenus par cette méthode, 368, 370, 386, ne laissent aucun doute sur le choix de la formule à adopter, puisque le poids moléculaire de $MgICH^3$ est 166. Il faut remarquer que l'ébullioscopie ne

(1) *Comptes rendus*, 155, 1912, p. 353.
(2) *Bulletin de la Société chimique*, 4e série, 39, 1926, p. 1288.
(3) *Zeitschrift für anorganische Chemie*, 156, 1926, p. 73.

renseigne que sur le rapport des nombres de molécules du corps dissous et du solvant ; le choix heureux de l'éther comme solvant permet de négliger l'éther combiné devant la masse totale de l'éther. Le poids moléculaire trouvé est donc bien celui de l'organo-magnésien et non celui de son éthérate.

Le résultat obtenu par M. Terentjew, au moyen d'une méthode qui a fait ses preuves dans de nombreux cas, est en contradiction avec les conclusions que MM. Job et Dubien ont tirées de leurs expériences. Il est indispensable de chercher les raisons de ce désaccord.

MM. Job et Dubien [1] ont, en présence d'un catalyseur solide insoluble dans le milieu liquide, mesuré la vitesse de la réaction suivante, se traduisant par un dégagement gazeux :

$$2C^2H^5I + Mg(C^2H^5)^2, MgI^2 = 2C^2H^4 + 2C^2H^6 + 2MgI^2.$$

Ils ont pris soin, ainsi que cela est mentionné dans leur publication qui, malheureusement, ne contient aucune donnée numérique, d'ajouter un grand excès de réactif organo-magnésien. Leur étude cinétique leur a révélé l'existence d'une réaction monomoléculaire; la formule $MgIC^2H^5$ devrait donc être adoptée puisqu'elle met en jeu une seule molécule d'iodure alcoolique. Une telle conclusion ne paraît pas justifiée, car elle suppose que l'on peut annoncer l'ordre d'une réaction au simple aspect de sa formule. Or, ce n'est pas exact, ainsi qu'il résulte de nombreux travaux dont on trouvera les références dans le *Traité de Chimie générale* de Nernst (deuxième édition française, 2, p. 140). On y verra en particulier que toutes les réactions effectuées, comme celle citée plus haut, en présence d'un excès de l'un des réactifs, ont toujours une allure monomoléculaire. L'action du permanganate de potassium sur un grand excès d'acide oxalique est dans ce cas. Donc, le fait de trouver à la réaction étudiée une allure monomoléculaire n'apporte aucun argument en faveur d'une formule ou de l'autre.

Il y a plus. Le domaine d'application des lois de la cinétique chimique est rigoureusement limité aux systèmes homogènes (Nernst, *loc. cit.*, p. 132), hors de la présence de catalyseurs qui ne sont pas répartis, pendant toute la durée de l'expérience, d'une manière homogène dans la phase considérée. Or, la réaction signalée plus haut est une réaction entre liquides, qui dégage un gaz, et elle a lieu en présence d'un catalyseur solide insoluble

(1) Séance de la Société chimique de France du 26 février 1926.

dans le liquide. L'application de la méthode chronométrique à la mesure d'une telle réaction n'a pas de sens précis.

En outre, je crois utile d'insister sur le fait que la formule $Mg(C^2H^5)^2$, MgI^2 a sur l'ancienne l'avantage de rappeler les réactions des composés organo-magnésiens sans faire appel à aucun phénomène de polymérisation. En effet, la pyrogénation du magnésium éthyle ioduré correspond, ainsi que je l'ai montré, à la formation d'un mélange de MgH^2 et de MgI^2, et non à celle de MgIH, qui n'a jamais été isolé, et dont l'existence reste hypothétique.

L'action de l'eau sur les organo-magnésiens donne naissance à $MgI^2 + Mg(OH)^2$, et non à MgIOH, qui n'a jamais été isolé.

Ces raisons, qui peuvent encore être developpées, indiquent que la formule employée habituellement pour représenter les organo-magnésiens est une représentation inexacte, et qu'il y a lieu de lui substituer, comme je l'ai proposé autrefois, la formule doublée MgR^2, MgI^2.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'hydrogénation de la xanthone et du xanthène.* Note de MM. **V. Ipatief** et **N. Orlof**, présentée par M. Camille Matignon.

Les recherches d'Ipatief [1] ont montré la facilité de réduction des cétones aromatiques et des carbures correspondants. Ipatief, conjointement avec Filippof [2], a montré que l'éther phénylique, par hydrogénation sous pression, donne principalement du cyclohexane et du cyclohexanol, accompagnés de petites quantités d'un produit d'une réaction secondaire.

Ainsi dans cette hydrogénation a lieu la rupture de la molécule à l'endroit de la liaison de l'oxygène. Cette propriété de la liaison éthérique, comme nous l'avons montré précédemment [3], se conserve dans des combinaisons telles que l'oxyde de diphénylène, dans lesquelles, en même temps que la liaison de deux anneaux benzéniques par l'oxygène, il existe encore en position ortho une liaison directe de ces deux anneaux qui se conserve même après l'hydrogénation; le produit formé est par conséquent dans un tel cas l'*o*-cyclohexylcyclohexanol.

---

(1) V. Ipatief, *Berichte*, **41**, 1908, p. 991.
(2) *Journ. Soc. phys. chim. russe*, **40**, 1908, p. 500.
(3) Ipatief et Orlof, *Bull. Soc. chim.*, **181**, 1925, p. 793-795.

Ces observations nous ont incités à étudier l'hydrogénation d'un produit où il y a en même temps un oxygène éthérique et un carbonyle qui unissent deux anneaux benzéniques, l'ensemble formant un cycle hétérogène à six chaînons.

Un tel composé facilement accessible est la xanthone

$$C^6H^4\left\langle \begin{matrix} CO \\ O \end{matrix} \right\rangle C^6H^4.$$

Les expériences instituées avec ce corps ont montré que l'hydrogénation sous forte pression se fait en deux phases nettement différentes :

CO / O → CH² / O → $CH^2\left\langle \begin{matrix} CH^2\ CH^2 \\ CH^2\ CH^2 \end{matrix} \right\rangle CH - CH^2 - CH\left\langle \begin{matrix} CH^2\ CH^2 \\ CH\ \ CH^2 \\ | \\ OH \end{matrix} \right\rangle CH^2$

$$\to CH^2\left\langle \begin{matrix} CH^2\ CH^2 \\ CH^2\ CH^2 \end{matrix} \right\rangle CH - CH^2 - CH\left\langle \begin{matrix} CH^2\ CH^2 \\ CH^2\ CH^2 \end{matrix} \right\rangle CH^2.$$

D'abord le groupe carbonyle est réduit en groupe méthylénique et il se forme du xanthène; ensuite les anneaux benzéniques s'hydrogènent, ce qui s'accompagne de l'ouverture de l'anneau par rupture de la liaison formée par l'oxygène et de la formation d'un alcool, l'oxydicyclohexylméthane. Si, dans cette hydrogénation, on maintient la température trop élevée ou si l'on opère en présence d'*alumine*, l'alcool semble former un hydrocarbure non saturé par enlèvement de H^2O, qui, jusqu'ici, n'a pas été isolé; ce carbure s'hydrogène ensuite en dicyclohexylméthane. Nos premières expériences d'hydrogénation de la xanthone furent faites en employant comme catalyseur l'oxyde de nickel; on obtient alors un mélange de xanthène, du 1-*oxydicyclohexylméthane* et de *dicyclohexylméthane*; la quantité de xanthène est d'autant plus grande que la température d'hydrogénation est plus basse et, à 212°, c'est le xanthène qui est le produit principal. Pour limiter complètement la réaction à sa première phase, nous avons remplacé l'oxyde de nickel par l'*oxyde de cuivre*; dans ce cas, la réduction catalytique du carbonyle est la seule à se faire aisément et l'on obtient du xanthène avec un bon rendement (jusqu'à 92 pour 100).

Point de fusion	100°,5	
» d'ébullition	307°-309° sous 749mm	
Composition.	Trouvé.	Calculé.
C	85,59	85,71
H	5,50	5,44

L'oxydicyclohexylméthane préparé par hydrogénation du xanthène en présence de l'oxyde de nickel et le dicyclohexylméthane obtenu avec l'oxyde de nickel et l'alumine à partir des produits d'hydrogénation du xanthène, nous ont donné les caractéristiques suivantes :

	Oxydicyclohexylméthane.		*Dicyclohexylméthane.*	
Point de fusion	40° à 43°		–	
» d'ébullition	–		250°-252° à 763mm	
	Trouvé.	Calculé.	Trouvé.	Calculé.
d_0^{40}	0,9581	–	87,25	–
MD	58,72	58,26	–	–
M	195,1	196	178,7	180
Analyse	79,89; 79,63	79,59	86,41; 86,34	86,57
	12,24; 12,31	12,24	13,61; 13,36	13,43

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Utilisation des combustibles liquides à teneur élevée en composés sulfo-organiques, comme source de combustible antidétonant.* Note (¹) de M. Y. **Altchidjian**, transmise par M. Paul Sabatier.

Les résultats fort intéressants des travaux de Dumanois, démontrant la possibilité d'utiliser des fractions plus lourdes que l'essence comme carburant dans les moteurs à explosion, par la simple addition d'un antidétonant, me conduisirent à entreprendre une série d'essais avec une huile lourde, provenant de la distillation des calcaires bitumineux.

Les premiers essais furent exécutés au banc, sur un moteur de camion, muni d'un carburateur ordinaire. Le mélange utilisé était composé de 50 pour 100 d'essence et 50 pour 100 des fractions les plus légères de l'huile provenant de la distillation des calcaires bitumineux de Raguse (limites de distillation : 200° à 300°; densité : 0,866).

Les résultats obtenus furent fort satisfaisants; le moteur fonctionnait

---

(¹) Séance du 15 novembre 1926.

normalement, la puissance développée ainsi que la consommation par HP : heure étaient à peu près les mêmes qu'avec l'essence.

Encouragé par ces résultats je repris les essais en utilisant cette fois-ci des fractions encore plus lourdes que les précédentes (limites de distillation : 220° à 350°; densité : 0,888) en proportion de 30 pour 100; le fonctionnement fut très satifaisant.

La conclusion de ces expériences est que les huiles provenant de la distillation des calcaires bitumineux de Raguse sont des combustibles de valeur antidétonante élevée, permettant de brûler dans les moteurs à explosion, sans détonations, des fractions lourdes distillant jusqu'à 350°.

Ces considérations ne doivent pas nous surprendre si nous examinons de plus près la question de la constitution de ces huiles.

Un premier facteur en faveur de la nature antidétonante de ces combustibles est la constitution moléculaire des hydrocarbures qu'ils contiennent.

Ces hydrocarbures proviennent de la dissociation à basse température du bitume contenu dans les roches asphaltiques, bitume qui est un produit de polymérisation. Tous ces processus de polymérisation naturelle et de dépolymérisation artificielle produisent une transformation structurale interne de la molécule tendant de plus à diminuer la teneur en hydrogène, augmentant celle en carbone.

En ce qui concerne les hydrocarbures, l'expérience a montré qu'en général plus la teneur en carbone est élevée, plus grande est la valeur antidétonante et cela d'autant plus que la structure moléculaire tend vers celles des aromatiques (noyaux cycliques et doubles liaisons).

Avec les huiles de Raguse, nous nous trouvons en présence d'une proportion élevée d'hydrocarbures ayant subi une certaine dégradation, tendant vers les termes cycliques et non saturés, sans toutefois arriver aux aromatiques; cela est une des raisons qui expliquent sa nature antidétonante.

Un second facteur qui vient augmenter la valeur de cette propriété, probablement d'une façon plus importante que le premier, est la présence en proportion relativement élevée de certains composés sulfo-organiques.

D'après Midgley [1] l'action antidétonante est principalement fonction de la nature des métalloïdes qui entrent dans le composé; ainsi en prenant comme unité l'effet antidétonant qu'on obtient en ajoutant 3 pour 100 en

---

(1) Midgley et Boyd, *Ind. Eng. Chem.*, **14**, 1922, p. 894. — Midgley, *ibid.*, **15**, 1923, p. 421.

volume d'aniline au kérosène, on trouve pour les composés phénylés des métalloïdes ci-dessous les valeurs suivantes :

Oxygène	0,122
Sélénium	5,2
Tellure	22

On remarque que la valeur antidétonante augmente de l'oxygène au tellure et qu'il y a en outre une certaine relation entre ces derniers nombres et les poids atomiques des métalloïdes correspondants.

En effet les poids atomiques des métalloïdes du sixième groupe de la classification périodique, de l'oxygène au tellure, forment très approximativement une progression géométrique ($O = 16$, $S = 32$, $Se = 79$, $Te = 125$), tandis que les valeurs antidétonantes des composés organiques de ces mêmes métalloïdes variant dans le même sens forment entre elles une seconde progression géométrique (en première approximation).

De l'application de cette loi on peut tirer la valeur antidétonante comparative approximative des composés organiques correspondants du soufre.

Ces composés sulfurés auraient, comme ordre de grandeur, à peu près la même valeur antidétonante que l'aniline, c'est-à-dire égale à un dans l'échelle comparative ci-dessus.

Si nous tenons compte d'autre part du fait que 4,3 parties de composés organiques du tellure produisent le même effet antidétonant qu'une partie de plomb tétraéthyle, on trouve en appliquant les valeurs précédentes qu'il faut environ 100 parties de composés sulfo-organiques correspondants pour avoir le même effet.

Les fractions de l'huile de Raguse utilisées pour ces essais avaient une teneur moyenne de 1 pour 100 en soufre. En admettant un poids moléculaire approximatif de 250, les composés sulfo-organiques présents seraient en proportion d'environ 8 pour 100, pouvant atteindre même 10 pour 100; or, d'après les calculs précédents, cette proportion de composés sulfo-organiques donnerait le même pouvoir antidétonant que 1 pour 1000 de plomb tétraéthyle.

Ces chiffres n'ont pas la prétention de donner les valeurs exactes, ils se limitent à indiquer des ordres de grandeur; ils sont toutefois suffisants pour démontrer l'importance de la présence de composés sulfo-organiques en proportion élevée dans les carburants, pour leur donner des propriétés antidétonantes supérieures.

L'application directe de cette propriété serait l'utilisation plus ration-

nelle des pétroles et des huiles de schiste à teneur élevée en composés sulfo-organiques, comme carburant antidétonant, en donnant un peu moins cours à trop de préjugés régnant sur le compte du pouvoir corrosif de ces substances dans les moteurs à explosion.

GÉOLOGIE. — *Sur les terrains primaires au sud de l'oued Drâa.* Note de M. N. **Menchikoff**, présentée par M. Émile Haug.

En avril et mai 1925, j'ai eu la bonne fortune de pouvoir accompagner la reconnaissance du groupe mobile méhariste de la Saoura, qui a atteint, sous le commandement du capitaine Ressot, pour la première fois, les régions inexplorées du haut plateau du Drâa ([1]). J'ai eu l'occasion de recueillir de nombreux fossiles primaires que j'ai étudiés sous la direction de M. Delépine.

Les terrains primaires affleurent grâce à l'érosion de l'oued Drâa et de ses affluents, qui les ont débarrassés de l'épaisse couverture des terrains continentaux des hammadas; ils occupent d'assez grandes surfaces et sont légèrement plissés suivant la direction E.-W.

Les couches les plus anciennes observées dans cette région appartiennent au Dévonien supérieur. Elles apparaissent dans l'axe d'un anticlinal primaire érodé, que suivent successivement les oueds Rorb-el-Ethel, Bou Meghirfa et Zemoul. C'est une série de grès micacés en plaquettes, tantôt tendres, tantôt assez durs, alternant avec des argiles schisteuses rouges ou vertes. Un banc de calcaire bleuâtre s'intercale au milieu de ces grès. *Spirifer Verneuili* Murch. y est très abondant et présente une grande variété de formes. On y trouve également des Orthocères, des Térébratules et des Rhynchonelles.

La série dévonienne se termine par une nappe de dolérite de 5^m à 8^m d'épaisseur. La roche est composée essentiellement de labrador, d'augite et de magnétite. Dans certains échantillons, on trouve en outre de l'hypersthène, de la biotite et aussi de l'olivine. J'ai suivi cette nappe sur près de 150^{km}. Elle occupe partout le même niveau et sa nature varie peu suivant les régions.

La série carbonifère débute par des dépôts de mer très peu profonde. La

---

([1]) Capitaine Ressot, *Vers le sud du Maroc et la haute Mauritanie* (*Renseignements coloniaux, Comité Afrique française*, 1926, n° 7, p. 313-333).

nappe de dolérite supporte directement une série gréseuse de quelques centaines de mètres d'épaisseur. A la base s'observent des grès micacés à « ripple-marks » et à pistes de vers (*Nereites*), atteignant une trentaine de mètres, puis viennent des grès au milieu desquels s'intercalent quelques couches riches en débris de Brachiopodes et de Lamellibranches. Certains bancs sont presque entièrement formés de débris de Fénestelles et d'autres Bryozoaires. A Bou Ghoufala, j'ai trouvé, au-dessus des grès à *ripple-marks*, *Productus semireticulatus* Mart.

La série gréseuse s'étend jusqu'au pied de la falaise du djebel Ouarksis. La falaise elle-même est formée par des calcaires bleuâtres très durs, alternant avec des couches de grès.

Le premier niveau calcaire se trouve à la base de l'escarpement. Il renferme *Productus semireticulatus* Mort. Les bancs suivants sont riches en articles de tiges de Crinoïdes.

Vers le tiers de la falaise se trouve un niveau à *Productus hemisphæricus* Sow. C'est déjà du Viséen assez élevé.

Vers les deux tiers de la série gréso-calcaire du djebel Ouarksis, les couches renferment, en assez grande abondance, des Zoanthaires : *Cyathophyllum Murchisoni* Edw. et Haime, *Aulophyllum fungites* Flem., *Dibunophyllum* aff. *Muirheadi* Thom. et Nich., fossiles caractéristiques de la zone terminale du Viséen (zone D).

Au-dessus viennent des bancs à *Lithostrotion irregulare* Phil. et *Alveolites* et la série calcaire se termine par un niveau très fossilifère à *Spirifer bisulcatus* Sow., *Productus punctatus* Mort., *P. pugilis* Phil., *P. concinnus* Sow.

Ce dernier niveau représentait peut-être déjà la base du Westphalien.

Dans la Betana, on voit reposer sur les calcaires du djebel Ouarksis plus de 1000m de grès alternant avec des argiles. Les grès sont généralement très grossiers et à stratification entre-croisée. J'y ai trouvé des empreintes de tiges de Calamites et des fragments d'un bois silicifié à structure très primitive.

On ne voit pas le sommet de la formation. Elle s'enfonce près de Bou-Akba sous la falaise de la hammada.

LITHOLOGIE. — *Sur la nature chimico-minéralogique des enclaves de Fouqué-Kaméni* (*Santorin*). Note [1] de M. **Const.-A. Kténas**, présentée par M. Pierre Termier.

Dans une Note antérieure [2], j'ai passé en revue la constitution minéralogique des enclaves homœogènes plésiomorphes et allomorphes de l'éruption récente des Kaménis (volcan de Santorin).

J'ai complété mes recherches en étudiant les nombreux échantillons recueillis par la Mission scientifique de l'Université d'Athènes. Outre les enclaves englobées dans la lave même de Fouqué-Kaméni, on en trouve, parmi les bombes rejetées, des masses arrondies qui peuvent atteindre le volume d'un demi-mètre cube.

Le caractère minéralogique commun de toutes les enclaves, c'est la basicité très prononcée de leurs plagioclases. La bytownite et l'anorthite dominent (densité 2,739 à 2,75) [3]. Elles ne renferment que de l'augite et de l'olivine en fait de méta et d'orthosilicates [4] avec une proportion variable de matière amorphe qui ne fait défaut que dans des cas très rares (enclaves allomorphes). Je me propose, dans cette Note, de démontrer que, malgré l'analogie qualitative des minéraux constituants, la composition chimique des enclaves varie dans des limites très espacées.

Je donne ci-dessous les résultats d'analyses, effectuées par M. Raoult, de trois enclaves plésiomorphes, en mettant en regard la composition de la lave englobante (*a*, moyenne de quatre analyses) :

a. Dacitoïde andésinique à pyroxène (I)II.4′.3.4.
b. Type α d'enclave (dacitoïde labradorique) II.4(5).(3)4.4(5).
c. Type β d'enclave (labradorite *str. sensu*) II′.5.4.4(5).
d. Type γ d'enclave (labradorite bytownitique) [5] II.5.4′.4(5).

---

(1) Séance du 15 novembre 1926.

(2) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 74.

(3) J'ai cherché vainement des enclaves à oligoclase analogues à celles décrites par Fouqué (*Santorin et ses éruptions*, p. 209), et dont la silice totale atteint 58,4 pour 100.

(4) Les cavités des enclaves sont parfois riches en cristaux d'*hypersthène*. Pourtant, ce minéral ne se trouve que très rarement au sein de la matière vitreuse.

(5) Cette analyse est empruntée à mes Notes antérieures.

	a.	b.	c.	d.
SiO^2	64,68	56,66	50,14	48,70
Al^2O^3	16,10	17,22	18,54	21,37
Fe^2O^3	1,96	3,44	6,04	3,60
FeO	3,78	5,31	4,55	5,17
MgO	1,08	2,71	3,70	3,92
CaO	4,15	7,82	12,34	13,08
Na^2O	4,86	4,12	2,87	2,57
K^2O	1,90	1,05	0,57	0,61
TiO^2	0,94	1,22	1,02	0,90
P^2O^5	0,16	0,07	0,09	0,09
H^2O^+	0,35	0,20	0,13	0,15
H^2O^-	0,07	0,05	0,08	0,05
MnO	0,11	0,19	0,14	0,07
	100,14	100,06	100,21	100,28

d'où l'on déduit par le calcul :

	a.	b.	c.	d.
SiO^2 libre	18,96	8,16	4,02	0
Olivine Mg^2SiO^4	0	0	0	0,42
Olivine Fe^2SiO^4	0	0	0	0,20
An pour 100	25	38	57	65

Les analyses montrent que, malgré la variation de la composition chimique, la teneur en silice libre et en silice totale des enclaves est plus faible que dans la lave. Cette propriété se trouve d'accord avec la constatation analogue faite déjà par M. A. Lacroix pour les enclaves de la Martinique et des volcans dacitiques de la mer Égée (1). Également, la quantité de chaux non feldspathisée va en augmentant du type α (5,67 pour 100) vers le type γ (8,24 pour 100), ce qui concorde bien avec l'importance de l'augite dans les enclaves les plus basiques.

En résumé la caractéristique lithologique des enclaves plésiomorphes de Fouqué-Kaméni est la prédominance d'une série labradoritique, aboutissant d'une part à des laves parfaitement saturées, et d'autre part à des dacitoïdes labradoriques contenant jusqu'à 8,16 pour 100 de silice libre.

(1) *Livre jubilaire de la Soc. géol. de Belgique*, 1926, p. 398.

BOTANIQUE. — *Sur le benthos à Desmidiées des lacs et étangs siliceux de plaines, dans l'Ouest et le Centre de la France.* Note de M. **Pierre Allorge**, présentée par M. Louis Mangin.

Par leur importance dans les groupements d'algues benthiques des lacs et étangs siliceux, les Desmidiées méritent de désigner ce type de benthos. L'examen de récoltes provenant d'une trentaine de réservoirs naturels, de l'Adour au Finistère et au Morvan, m'ont permis d'établir la composition de cet ensemble desmidial [1] :

Arthrodesmus bifidus, *Bulnheimii* (L), *convergens*, *Incus*, *octocornis*, *triangularis* (S, O, BL), *subulatus* (O);

Closterium attenuatum, *gracile*, *incurvum*, *Lunula*, *toxon* (S, BL);

Cosmarium abreviatum (G, B) *binodulum* (G), *binum* (G, S), *bioculatum*, *connatum*, *contractum depressum*, *exiguum* (L, B, S), *fontigenum* (BL), *formosulum*, *goniodes* (P), *granatum*, *humile*, *inconspicuum* (L, P, S, O, BL), *impressulum*, *moniliforme*, *norimbergense* (G, P, B, S), *obsoletum* (L, G, B, S, BL), *monomazum* var. *polymazum* (L), *obtusatum* (G, B, S), *ordinatum* (S), *ornatum*, *ovale* (L, BL), *pachydermum* (G, S, BL), *perforatum* (S), *Phaseolus*, *Portianum*, *protractum* (G), *pseudo-exiguum* (G, P, B, S), *rectangulare* (L, G, P, S, BL), *Regnellii* (L, B, S, O), *Regnesi*, *reniforme*, *retusum* (P), *subprotumidum* (G, P, B, S, BL), *subrectangulare* (G, S), *taxichondrum* (B, S), *tetrachondrum* (BL), *variolatum* (L);

Cosmocladium constrictum (O), *pulchellum* (O, BL), *pusillum* (L, G, P, B, S), *saxonicum* (S, O, BL);

Desmidium aptogonum, *Baileyi* (L. P, B, S, BL), *cylindricum* (L, B, O, S, BL), *pseudo-streptonema* (L), *Swartzii*;

Euastrum bidentatum (G, P, S, O, BL), *binale*, *denticulatum* (L, G, P, S, BL), *elegans*, *insulare* (L, B, S, O, BL), *spinulosum* (G, S), *verrucosum*;

Genicularia spirotænia (P, BL);

Gonatozygon Brebissonii, *Kinahani* (BL), *læve* (P, O), *monotænium*;

Gymnozyga moniliformis;

Hyalotheca dissiliens, *mucosa* (L, G, S, BL), *neglecta* (L), *undulata* (L, P);

Micrasteria Crux-melitensis, *decemdentata* (L), *radiata* (L, G, S);

Netrium Digitus;

Onychonema filiforme, *læve* var. *micracanthum* (G, S);

Penium inconspicuum (L, B, O, S);

Pleurotænium coronatum, *Ehrenbergii*, *Trabecula* (L, G, S, O, BL);

---

(1) Lacs des Landes (L), lac de Grand-Lieu (G), étang de Priziac (P) [Morbihan], étangs de la Brenne (B), de la Sologne (S), de la forêt d'Orléans (O), des environs de Bourbon-Lancy (BL). Les espèces dont les noms ne sont pas suivis d'abréviations existent dans les sept régions citées.

Sphærozosma Aubertianum (G, O, BL), *excavatum*, *granulatum*, *vertebratum* (O, P);

Spondylosium planum (G), *pygmæum* (L, O, BL);

Staurastrum anatinum (P, O, S), *apiculatum*, *Arachne* (L, P, S, BL), *Arctiscon* (L, G, O, BL), *avicula* (G, B, O, S, BL), *bibrachiatum* (L, G, P, B), *brasiliense* var. *Lundellii* (L), *brevispinum*, *connatum* (S, BL), *crenulatum* (BL), *cuspidatum*, *dejectum*, *Dickiei*, *excavatum* (L, P), *furcatum* (L, G, S), *furcigerum*, *gracile*, *grallatorium* (L), *inconspicuum* (L, P, S, O, BL), *jaculiferum* (L), *læve* (L, G, P, S), *leptocladum* (B), *lunatum* (L, G, S), *monticulosum* (B, S, O), *orbiculare*, *pterosporum* (P), *quadrangulare* (L, G, B, S, BL), *saxonicum* (L, S), *Sebaldi* (L, G, S), *senarium* (L), *striolatum* (L, G, S, O, BL), *tetracerum* (L, P, B, S), *tohopekaligense* (L, S), *vestitum*;

Triploceras simplex (L, G);

Xanthidium antilopæum, *cristatum*, *fasciculatum* (S, BL).

Presque toutes ces espèces coexistent dans une grande partie de l'Europe septentrionale et occidentale : Iles britanniques (West), Fennoscandie (Ström, Grönblad, Teiling), Allemagne (Donat), Pays-Bas (Heimans) [1] et dans l'Amérique du Nord (Lowe, G. M. Smith); elles sont associées, en général, aux *Isoetes* (sect. *Aquatica* et *Amphibia*), *Lobelia Dortmanna*, *Litorella lacustris*, *Subularia aquatica*, *Myriophyllum alterniflorum*, hydrophytes caractéristiques des lacs à faible sédimentation organique, à eaux pauvres en P, Ca et Az (= *Lobelia-Isoetes-Seen* des auteurs allemands). Les grands lacs landais, avec une végétation analogue (*Subularia* en moins), semblent réaliser ce type limnologique.

Au point de vue éco-sociologique, on distinguera, à côté du fonds d'espèces benthiques particulières à ce type, des espèces également répandues dans les cuvettes des tourbières à Sphaignes (*Netrium Digitus*, *Closterium Lunula*, *Cosmarium Portianum*, par exemple) et un petit lot d'ubiquistes indifférentes aux caractères physico-chimiques des eaux (*Hyalotheca dissiliens*, *Staurastrum gracile*, par exemple).

D'après leur répartition ces Desmidiées peuvent se distribuer en trois groupes principaux : élément cosmopolite représentant plus des trois quarts des espèces citées, élément atlantique composé d'espèces répandues surtout dans les régions nord-atlantiques (*Staurastrum Arctiscon*, *brasiliense* var. *Lundellii*, *jaculiferum* [2], *anatinum*, *Spondylosium planum*, *Cosmarium*

(1) J'ajouterai que je viens de reconnaître un benthos similaire dans les petits étangs siliceux de la Galice, dans le nord-ouest de l'Espagne.

(2) Ces trois espèces, surtout planctoniques, n'existent que dans les grandes masses d'eau et sont rares dans le benthos.

monomazum var. *polymazum*, *Cosmocladium* sp.) et élément tropical comportant des espèces fréquentes dans les régions tropicales et subtropicales, mais rarement signalées dans les régions tempérées (*Arthrodesmus subulatus*, *Cosmarium binum*, *obsoletum*, *retusum*, *taxichondrum*, *Onychonema laeve*).

Il faut noter enfin comme trait remarquable de cet ensemble le nombre élevé des filamenteuses et des petits *Cosmarium*.

Par tous ces caractères, ce benthos se distingue bien des autres groupements d'Algues où les Desmidiées ont aussi une part essentielle, ceux des tourbières à Sphaignes et ceux des rochers suintants.

SYSTÉMATIQUE. — *Sur la variation des plaques chez les Péridiniens.* Note [1] de M. **Pierre Dangeard**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

La classification des nombreuses espèces du genre *Peridinium* est fondée en premier lieu sur la disposition des plaques de la carapace : ainsi pour les formes marines, les systèmes de classement les plus récents s'inspirent de la tabulation pour les coupures principales (Jörgensen, Pavillard, M. Lebour). Pour que cette méthode soit justifiée, il est nécessaire que l'organisation suturale manifeste une certaine constance : c'est en effet ce que l'on a observé jusqu'ici et c'est seulement dans quelques travaux récents (Barrow, Lindemann, S. Marshall, M. Lebour) qu'il est question d'une variabilité des sutures de la carapace chez quelques espèces de *Peridinium* (*P. granii*, *P. oceanicum*, *P. ovatum*).

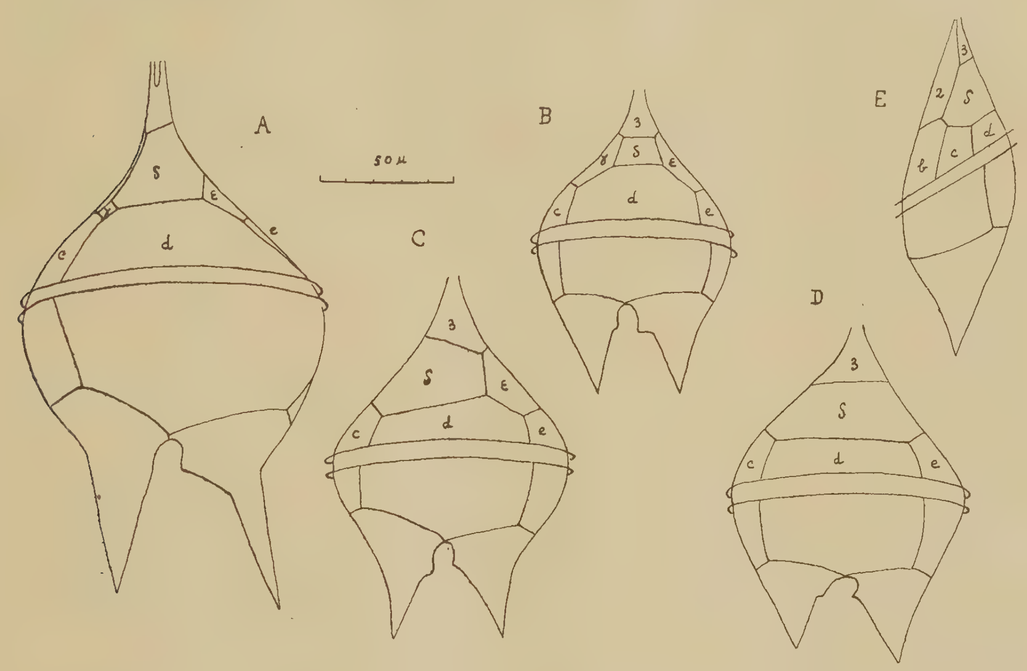
En observant les pêches de la *Silvana* dont M. L. Joubin nous a confié l'étude, nous avons reconnu plusieurs cas de variation de la tabulation, pour la plupart inédits, desquels on peut tirer certaines conclusions.

Chez quelques espèces nous avons rencontré très rarement les dispositions anormales suivantes : (*L. depressum* Bailey plaque S réunie à *d* et *e*, au lieu de l'être seulement à *d*), (*P. granii* Ostenf. plaque S réunie à *d* et *e*, au lieu de l'être à *c* et *d*), (*P. pentagonum* Gran plaque S réunie à *c* et *d*, au lieu de l'être à *c*, *d* et *e*).

Le cas du *P. ovatum* Pouchet est tout différent : alors que presque tous les auteurs le classent dans la section *humilia*, M. Lebour le place dans la section *pyriformia*, estimant que cette manière de voir est justifiée par la disposition la plus fréquente des plaques. Nous avons vérifié que cette

(1) Séance du 15 novembre 1926.

espèce se présente bien sous deux conditions tabulaires qui constituent comme deux sortes de races : les échantillons de l'Atlantique tropical sont du type *humilia*, alors que ceux de la Manche ou de l'Atlantique nord sont en général du type *pyriformia*.



Chez le *P. oceanicum* Vanhöffen la variation se traduit par d'autres caractères encore. Il existe une variété de grande taille qui possède une plaque S du type *oceanica*, mais dont les plaques γ et ε sont très inégales, de tailles et de formes différentes (c'est le *P. oceanicum* var. *typica* où les caractères ci-dessus n'ont pas été signalés) (*fig.* A). Parmi les formes de petite taille (ce sont les var. *oblonga* ou *P. oblongum* Aurivillus), toute une catégorie d'individus possède une plaque médio-dorsale S en relation seulement avec la plaque *d* suivant le mode *oceanica* (plaques γ et ε présentes et symétriques) (*fig.* B). Un autre groupe présente une plaque S en relation avec *c* et *d* suivant le mode *tabulata :* c'est pour eux très probablement qu'a été créée l'espèce *P. claudicans* Paulsen (*fig.* C).

Enfin tout un ensemble d'individus ne se distinguant des précédents, ni par la forme, ni par la taille, ont une grande plaque δ qui est en rapport, non seulement avec les plaques *c*, *d*, *e* (ce qui serait le caractère *conica*), mais avec *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, ce qui est tout à fait anormal ; d'ailleurs cette disposition entraîne l'absence des deux plaques intercalaires γ et ε, fait inconnu

jusqu'ici et sans doute très exceptionnel dans le genre *Peridinium* (*fig.* D et E).

En résumé il apparaît que la variation de la carapace des *Peridinium* peut être, soit fortuite et extrêmement rare chez quelques espèces (*P. depressum*, *P. granii*, *P. pentagonum*), soit être normale et entraîner l'existence de plusieurs lignées ou races, semblables sous les autres rapports, et peut être en liaison avec la position géographique (*P. ovatum*, *P. oblongum*) [1]. Dans un autre ordre d'idées, on voit que cette variation peut porter sur le simple déplacement d'une suture (cas habituel), ou bien entraîner la suppression d'une ou plusieurs plaques (*P. oblongum*). Malgré tout, ces variations de la carapace ne sont pas de nature jusqu'ici à modifier le principe actuel de la classification des *Peridinium*.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'anatomie du cancer des plantes ou* crowngall. Note de M. **J. Magrou**, présentée par M. Roux.

Les cancers des plantes ou crowngalls, provoqués par le *Bacterium tumefaciens*, présentent des anomalies anatomiques dont la plus remarquable consiste en l'existence de stèles surnuméraires développées soit dans la moelle, soit dans l'écorce. M. Erwin F. Smith [2] en a signalé la présence chez des Soleils et des Tomates porteurs de crowngalls.

J'ai constaté fréquemment de telles anomalies dans des tumeurs de la tige, obtenues par inoculation du *Bact. tumefaciens* chez le Soleil (*Helianthus annuus*), la Tomate (*Solanum lycopersicum*), le Ricin (*Ricinus communis*). Mais tandis que, dans tous les cas qu'il m'a été donné d'observer, les stèles surnuméraires développées dans l'écorce ont une structure normale, avec liber périphérique et bois central, séparés par une assise génératrice libéro-ligneuse, les stèles intra-médullaires offrent une disposition intervertie : les faisceaux libériens s'y développent en dedans et les faisceaux ligneux en dehors de l'assise génératrice. Le parenchyme central de ces stèles interverties a les caractères d'une écorce; on y retrouve même, dans le cas de l'*Helianthus*, les canaux sécréteurs qui, dans la tige normale, sont situés dans le parenchyme cortical.

---

(1) Le *P. oceanicum* var. *typica* constitue certainement par contre une espèce distincte et non une race tabulaire.

(2) *Rev. Pathol. vég. et Entomol. agric.*, 11, IV, 1924, p. 219.

L'étude d'échantillons nombreux, débités en coupes sériées, fait comprendre la genèse de ces singulières anomalies. La formation des galles sous l'influence du *Bact. tumefaciens* résulte essentiellement d'une accélération du rythme des divisions cellulaires dans l'assise génératrice libéro-ligneuse. L'accélération des cloisonnements du cambium dans le sens tangentiel aboutit à l'accroissement en épaisseur de la zone méristématique cambiale; par contre, les cloisonnements en surnombre dans le sens radial ont pour effet d'accroître la longueur de l'anneau de cambium, qui, gêné dans son développement, ne peut rester circulaire, mais est contraint de prendre une forme sinueuse, et de dessiner des évaginations qui font saillie dans l'écorce, et des invaginations qui s'avancent dans la moelle. L'assise génératrice ainsi déformée continue à fonctionner comme à l'ordinaire, produisant du bois en dedans et du liber en dehors. Il en résulte qu'au niveau d'une évagination de ce cambium sinueux, les faisceaux libériens seront situés sur la convexité de la courbure, tandis que les faisceaux ligneux en occuperont la concavité; l'inverse se produira au niveau d'une invagination ou sinuosité à concavité externe : ici les faisceaux libériens se logeront dans la concavité de la courbure, alors que le bois en occupera la convexité. Que les deux bords de la gouttière ainsi constituée viennent à se rapprocher, puis à se rejoindre, il en résultera l'isolement, au sein du parenchyme médullaire, d'une stèle à bois externe et à liber central. S'il s'agit, au contraire, d'une gouttière à concavité interne, faisant saillie dans l'écorce, le rapprochement et la fusion de ses deux bords donnera naissance à une stèle intra-corticale à bois interne et à liber externe.

De telles anomalies de structure qui, dans le cas du crowngall, sont d'origine parasitaire, ont leur équivalent dans l'anatomie normale de certaines plantes. Les faisceaux intra-médullaires de l'inflorescence du Ricin, les faisceaux étoilés du rhizome de la Rhubarbe (*Rheum officinale*), offrent des exemples de formations à structure intervertie, avec liber central et bois périphérique. Par contre, chez certaines Sapindacées, il existe, à l'extérieur du cercle fibro-vasculaire normal, des stèles à bois central et à liber périphérique. Les premières de ces structures résultent, comme l'a montré M. Dutailly [1], d'une incurvation à concavité externe, les secondes d'une

---

(1) G. Dutailly, *Sur quelques phénomènes déterminés par l'apparition tardive d'éléments nouveaux dans les tiges et les racines des Dicotylédones* (*Thèse Fac. des Sc. de Bordeaux*, 1879, p. 66 et suiv.).

incurvation à concavité interne de l'assise génératrice. Le mécanisme de leur formation est donc exactement le même que dans le crowngall.

Les stèles à structure intervertie des tumeurs végétales sont à rapprocher, d'autre part, de certaines formations que l'on observe dans les cancers du règne animal. Les globes cornés des cancers épidermiques ont, eux aussi, une structure intervertie; leur centre, occupé par des cellules kératinisées, est l'homologue de la surface épidermique normale, tandis que leur périphérie est occupée par l'assise germinative, qui, gênée dans son développement par suite de sa prolifération excessive, s'est invaginée dans la profondeur du tissu conjonctif sous-jacent. Une telle convergence entre l'histogénèse du crowngall et celle des tumeurs malignes du règne animal fournit un nouvel argument en faveur de la nature cancéreuse des galles produites par le *Bacterium tumefaciens*.

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Vitesse de réaction d'une Actinie en présence d'alcaloïdes et d'extraits de glandes.* Note de M. **Raoul M. May**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Moore [1] a montré qualitativement que des alcaloïdes tels que la strychnine et la caféine n'ont pas d'effet excitant sur le système nerveux des Cœlentérés, alors qu'il ont un effet sur celui d'animaux supérieurs à ce phylum. Les Cœlentérés ayant un système nerveux diffus [Havet [2]], ces observations ont donné lieu à la conception de Parker [3] que l'action de tels alcaloïdes pourrait être employée comme preuve physiologique de la présence de synapses. Il nous a donc semblé utile de reprendre quantitativement ces essais, non seulement avec des alcaloïdes, mais aussi avec des extraits de glandes qui, chez les vertébrés, agissent sur des organes ayant un système nerveux diffus, tel que l'intestin.

J'ai usé de la méthode que Parker [4] employa pour la détermination du

---

(1) A. R. Moore, *Chemical differentiation of the central nervous system in invertebrates* (*Proc. Nati. Acad. of Sciences*, 3, X, 1917, p. 598-602).

(2) J. Havet, *Contribution à l'étude du système nerveux des Actiniens* (*La Cellule*, 18, II, 1901, p. 385-419, 6 planches).

(3) G. H. Parker, *The elementary nervous system* (J. B. Lippincott C°, Philadelphia, 1919, 229 pages, 53 figures, p. 208).

(4) G. H. Parker, *The rate of transmission in the nerve net of the Cœlenterates* (*Journ. Gen. Physiol.*, 1, 1918, p. 231-236, 4 figures).

taux de transmission dans le plexus nerveux des Cœlentérés. L'Actinie *Calliactis effœta* L. [*Sagartia parasitica* -vide Nafilyan ([1])], que l'on trouve abondamment près de Roscoff sur des coquilles de *Buccinum undatum* habitées par des *Pagurus bernhardus*, est particulièrement favorable à ce genre d'expériences.

Ayant extrait le Pagure de sa coquille, et placé celle-ci dans un petit aquarium, un crochet était passé à travers le péristome, peu sensible, de l'Actinie; le crochet était relié à un style qui inscrivait les réponses de l'animal sur un kymographe. Un second style, relié avec la clé qui ouvrait et fermait le courant stimulant, inscrivait le moment de la stimulation, et un diapason inscripteur était employé pour déterminer le temps.

L'excitation consistait en un courant faradique, appliqué au moyen d'électrodes à la base de la colonne. La vitesse de réaction normale était déterminée, puis l'alcaloïde ou l'extrait liquide de glande injecté à travers le tégument, à la base de l'animal. Ceci déterminait une contraction de l'Actinie, qui retenait de cette manière la substance injectée. La vitesse de réaction était déterminée 15 minutes après l'injection.

La vitesse de réaction de 40 *Calliactis* normales a varié de 0,37 à 5,55 dixièmes de seconde. Des *Calliactis*, excitées à plusieurs reprises, à 10 minutes d'intervalle, ont montré des variations du temps de latence allant jusqu'à 3,85 dixièmes de seconde entre le taux le plus bas et le plus haut de vitesse de réaction. Ces écarts sont plus grands que ceux trouvés par Parker (*loc. cit.*) pour *Metridium*, et sont probablement dus à une sensibilité moins grande et plus capricieuse de *Calliactis* aux excitations; nous avons affaire ici avec une Actinie dont le tégument est particulièrement robuste, et qui est habituée à recevoir constamment des chocs, à cause des mouvements des Pagures avec lesquels elle vit en symbiose.

Les alcaloïdes étaient injectés en solution de 1 pour 100 dans de l'eau de mer. J'employai du sulfate de strychnine et d'atropine, du chlorhydrate de pilocarpine, de morphine et de cocaïne, et de la nicotine pure. Les écarts dans le temps de latence après injection étaient sensiblement les mêmes que chez des animaux normaux. L'atropine qui, selon Moore (*loc. cit.*), a un effet excitant sur les Cœlentérés, ne se montra cependant pas différente des autres alcaloïdes. De même des injections d'extraits liquides, d'origine

---

([1]) Z. G. Nafilyan, *Matériaux pour la faune des Actinies des côtes de France. Les Actinies de Roscoff.* Diplôme, Faculté des Sciences, Paris.

commerciale, de surrénale, d'hypophyse, de parathyroïde et de thyroïde, tous ayant chez les Vertébrés un effet sur des organes à système nerveux diffus, ne se montrèrent pas plus efficaces pour faire varier chez *Calliactis* le taux de vitesse de réaction, qui restait dans les limites de celui d'animaux normaux.

Ces résultats sont un appui pour la théorie de Parker qui suppose des différences chimiques entre les systèmes nerveux synaptiques et asynaptiques. En effet, nous voyons que des substances qui, chez des animaux à système nerveux synaptique agissent directement sur les centres nerveux, n'ont, sur le Cœlentéré à système nerveux asynaptique, aucun effet. D'un autre côté, nous constatons que des écarts assez considérables peuvent avoir lieu dans le taux de vitesse de réaction d'un animal à système nerveux diffus.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Synthèse biochimique d'un glucoside halogéné : le 5-chlorosalicylglucoside* β. Note de M. **P. Delauney**, présentée par M. Ch. Moureu.

Le 5-chlorosaligénol (5-chlorosaligénine)

$$C^6H^3\begin{cases}CH^2OH\ (1)\\OH\ (2)\\Cl\ (5)\end{cases}$$

a été obtenu pour la première fois par Piria ([1]) en dédoublant par l'émulsine le chlorosalicoside, résultant de l'action du chlore sur le salicoside (salicine).

D'autre part, Ém. Bourquelot et H. Hérissey ([2]) ont préparé en 1913 par synthèse biochimique au moyen de l'émulsine un glucoside isomère du salicoside, le salicylglucoside β, dans lequel la glucosidification a porté sur la fonction alcoolique, tandis que dans le salicoside naturel le glucose est combiné à la fonction phénolique du saligénol.

Me basant sur les faits ci-dessus, j'ai appliqué au 5-chlorosaligénol la méthode de synthèse utilisée par ces derniers auteurs.

([1]) *Ann. der Chem. und Pharm.*, 56, 1845, p. 52 et 60.

([2]) *Comptes rendus*, 156, 1913, p. 1790; *Journ. de Pharm. et de Chim.*, 7e série, 8, 1913, p. 49.

Le 5-chlorosaligénol utilisé dans ces recherches a été préparé suivant le procédé de Rivals ([1]), en réduisant au moyen de l'amalgame de sodium en présence de l'eau l'aldéhyde 5-chloro-salicylique, obtenu lui-même par l'action du chlore sec sur l'aldéhyde salicylique d'après les données de Piria ([2]).

95^g de chlorosaligénol ont été dissous dans environ 200$^{cm^3}$ d'acétone pure du bisulfite. On a ajouté une solution de 6^g de glucose dans 60$^{cm^3}$ d'eau distillée, complété à 300$^{cm^3}$ avec de l'acétone du bisulfite et filtré. Après retour à la température ordinaire, la solution présentait une déviation égale à $+3^\circ 10' (l=2)$. On a ajouté 3^g d'émulsine et le mélange a été maintenu à la température du laboratoire en agitant de temps en temps. Au bout de 18 jours, la déviation était descendue à $+1^\circ 8'$. On a filtré et évaporé à sec. Le résidu a été repris par l'éther, qui a entraîné l'excès de chlorosaligénol. Le résidu sirupeux a été porté au bain-marie bouillant pendant 20 minutes pour détruire toute trace d'émulsine, puis a été repris par 100$^{cm^3}$ d'eau distillée. La solution, à nouveau épuisée à plusieurs reprises par l'éther, a été additionnée de 2^g de levure de bière, après avoir été privée d'éther sous pression réduite. La fermentation terminée, on a évaporé à sec et l'extrait a été repris par l'alcool à 95^c bouillant, qui a abandonné par évaporation un faible résidu cristallisé, constituant le glucoside cherché. Toutefois la majeure partie de ce dernier a été obtenue en reprenant par l'éther sec le chlorosaligénol récupéré ci-dessus et rigoureusement desséché dans le vide sulfurique. Le glucoside, qui avait été entraîné en sursaturation dans les épuisements éthérés, est resté insoluble.

Le glucoside, après cristallisations successives dans l'éther acétique anhydre et dans l'alcool à 95^c et débarrassé de toute trace de chlorosaligénol par un dernier lavage à l'éther, se présente en fines aiguilles incolores. A l'état sec, il est coloré en vert par l'acide sulfurique concentré et froid, comme le chlorosaligénol. Sa solution aqueuse donne sensiblement la même coloration bleu violet par le perchlorure de fer dilué que le chlorosaligénol. Comme le salicylglucoside d'Ém. Bourquelot et H. Hérissey, il réduit la liqueur de Fehling, quoique plus faiblement.

Il est lévogyre. En solution aqueuse, il est hydrolysé par l'acide sulfurique et par l'émulsine. Ces deux agents d'hydrolyse provoquent un retour de la rotation vers la droite et une augmentation du pouvoir réducteur de la solution.

([1]) *Ann. de Chim. et de Phys.*, 7e série, 12, 1897, p. 566.
([2]) *Liebigs Annal.*, 30, 1839, p. 169.

L'étude des propriétés de ce nouveau glucoside sera complétée lorsque j'aurai pu en préparer une quantité suffisante à l'état pur. C'est le premier glucoside halogéné obtenu par synthèse biochimique.

M. **Fleury** envoie une Note sur *l'utilisation de la différence de température entre la base et le sommet des montagnes.*

La séance est levée à $16^h 15^m$.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 30 août 1926.)

Note de M. *Krawtchouk*, Sur la méthode de N. Kryloff pour l'intégration approchée des équations de la physique mathématique :

Page 475, formules (3), (4), (5) et (6), *au lieu de* y_m, y_m^2, y_m^4, *lire* η_m, η_m^2, η_m^4.